

**Der Einfluss von Beschäftigungsmaterial, Besatzdichte
und Stallklima auf das Gefieder und die Gesundheit von
nicht-schnabelkupierte Junghennen**

von

Christopher Jeffery Liebers

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

**Der Einfluss von Beschäftigungsmaterial, Besatzdichte
und Stallklima auf das Gefieder und die Gesundheit von
nicht-schnabelkupierte Junghennen**

von Christopher Jeffery Liebers

aus Hamburg

München 2019

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard

Mitbetreuung durch:

Dr. Helen Louton und Dr. Angela Schwarzer

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.
Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Michael H. Erhard
Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Monika Rinder

Tag der Promotion: 27. Juli 2019

Für Eva

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT	3
1.	Bedeutung der Aufzuchtperiode	3
2.	Erlernen und Ausüben von Normalverhalten	4
2.1.	Nahrungserwerbsverhalten	4
2.2.	Komfortverhalten	5
2.3.	Aufbaumen	7
3.	Unerwünschtes Verhalten	8
3.1.	Federpicken	8
3.1.1.	Definition	8
3.1.2.	Ursachen.....	8
3.2.	Kannibalismus	10
3.2.1.	Definition	10
3.2.2.	Ursachen	11
4.	Tiergesundheit	12
4.1.	Brustbeinveränderungen	12
4.2.	Fußgesundheit	13
5.	Rechtlicher Hintergrund	14
III.	TIERE, MATERIAL UND METHODEN	17
1.	Projektdurchführung	18
2.	Aufbau und Ausstattung der Voliere	19
3.	Zeitlicher Ablauf	22
4.	Verletzungsbonitur	23
5.	Statistik	24
IV.	PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE	27

V.	ERWEITERTE STUDIENERGEBNISSE	45
1.	Brustbeingesundheit	45
2.	Fußgesundheits	50
2.1.	Fußballenläsionen	50
2.2.	Fußballenhyperkeratose	55
2.3.	Zehenballenhyperkeratose	55
3.	Schnabel- und Krallenlänge	56
VI.	ERWEITERTE DISKUSSION	59
1.	Brustbeingesundheit	59
2.	Fußgesundheits	63
3.	Schlussfolgerung	66
VII.	ZUSAMMENFASSUNG	71
VIII.	SUMMARY	75
IX.	ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS	79
X.	ANHANG	95
XI.	DANKSAGUNG.....	105

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
Bzw.	Beziehungsweise
°C	Grad Celsius
DG	Durchgang
LB	Lohmann Brown
LSL	Lohmann Selected Leghorn
LT	Lebenstag
LW	Lebenswoche
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mm	Millimeter
Nr.	Nummer
TierSchG	Tierschutzgesetz
TierSchNutzV	Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung
u.a.	Unter anderem
UG	Untersuchungsgruppe
UI	Unsicherheitsintervall
UZR	Untersuchungszeitraum
z.B.	Zum Beispiel
%	Prozent
≤	Kleiner gleich
<	Kleiner als
>	Größer als

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle I: Zeitlicher Ablauf beider Durchgänge mit den wichtigsten Ereignissen</i>	23
<i>Tabelle I im Anhang: Das ausführliche Boniturschema zur Beurteilung von Brustbein und Füßen</i>	95
<i>Tabelle II im Anhang: Der Arbeitsbogen für die Gefieder- und Verletzungsbonitur</i>	96
<i>Tabelle III im Anhang: Die Ergebnisse der binären Zielgrößen im Hinblick auf die Gruppenunterschiede</i>	97
<i>Tabelle IV im Anhang: Die Ergebnisse der binären Zielgrößen aufgeteilt im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Beschäftigungsmaterial</i>	98
<i>Tabelle V im Anhang: Die Ergebnisse der binären Zielgrößen aufgeteilt im Hinblick auf die Höhe der Besatzdichte</i>	99
<i>Tabelle VI im Anhang: Die Verteilung und Häufigkeit von Brustbeinveränderungen getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum</i>	100
<i>Tabelle VII im Anhang: Die Verteilung und Häufigkeit von Fußballenläsionen getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum</i>	101
<i>Tabelle VIII im Anhang: Die Verteilung und Häufigkeit von Fußballenhyperkeratose getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum</i>	102
<i>Tabelle IX im Anhang: Die Verteilung und Häufigkeit von Zehenballenhyperkeratose getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum</i>	103

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Aufzuchtvoliere im Querschnitt</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 2: Schematische Darstellung der Untersuchungsabteile 1–9 im Untersuchungsstall</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 3: Übersicht über den Aufbau der Voliere und die Ausstattung</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 4: Der prozentuale Anteil an Brustbeinveränderungen in den einzelnen Untersuchungsgruppen</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 5: Geschätzter Effekt und 95% Unsicherheitsintervall ausgewählter Einflussgrößen auf die Zielgröße Brustbeinveränderungen</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 6: Die Häufigkeit von Brustbeinveränderungen im Verlauf der einzelnen Lebenswochen</i>	<i>48</i>
<i>Abbildung 7: Die Anzahl an Brustbeinveränderungen in den einzelnen Abteilen in Durchgang 1 und 2</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 8: Der prozentuale Anteil an Fußveränderungen in den einzelnen Untersuchungsgruppen</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 9: Geschätzter Effekt und 95% Unsicherheitsintervall ausgewählter Einflussgrößen auf die Zielgrößen Fußballenläsionen, Fußballenhyperkeratose und Zehenballenhyperkeratose</i>	<i>52</i>
<i>Abbildung 10: Die Häufigkeit von Fußballenläsionen in Durchgang 1 im Verlauf der einzelnen Lebenswochen</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 11: Die Anzahl an Fußballenläsionen in den einzelnen Abteilen in Durchgang 1 und 2</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 12: Die Schnabel- und Krallenlänge in cm in den einzelnen Untersuchungsgruppen</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 13: Geschätzter Effekt und 95% Unsicherheitsintervall ausgewählter Einflussgrößen auf die Zielgrößen Schnabellänge und Krallenlänge</i>	<i>57</i>

I. EINLEITUNG

Im Juli 2015 fasste das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zusammen mit dem Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und dem Bundesverband Deutsches Ei e.V. den Beschluss, ab dem 1. August 2016 in Deutschland auf das Schnabelkürzen von Legehennen zu verzichten und ab dem 1. Januar 2017 keine schnabelkupierte Junghennen mehr einzustallen (BMEL, 2015). Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung verbessertem Tierschutz, denn es ist davon auszugehen, dass der Eingriff des Schnabelkupierens akute sowie chronische Schmerzen verursacht (GENTLE et al., 1990, 1991; MARCHANT-FORDE et al., 2008). Allerdings steht die Geflügelwirtschaft nun vor einer neuen Herausforderung, denn obgleich das routinemäßige Kürzen der Schnäbel nicht die zugrundeliegenden Ursachen für Federpicken und Kannibalismus beseitigt hat, so konnten doch Gefiederschäden (LEE und CRAIG, 1991; SUN et al., 2014; HARTCHER et al., 2015) und eine erhöhte Mortalitätsrate aufgrund von Kannibalismus effektiv verhindert werden (GUESDON et al., 2006; SUN et al., 2013, 2014). Folglich ergibt sich die Notwendigkeit die Haltungsbedingungen für nicht-schnabelkupierte Junghennen weiter zu verbessern und an deren Bedürfnisse anzupassen. Derzeit existieren in Deutschland allerdings keine gesetzlichen Mindestanforderungen an die Haltung von Junghennen. Das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit veröffentlichte 2013 einen Managementleitfaden zur Vermeidung von Federpicken und Kannibalismus bei nicht-schnabelkupierte Jung- und Legehennen mit Empfehlungen wie der ständigen Verfügbarkeit von veränderbarem Beschäftigungsmaterial (z.B. Luzerneballen, Pickblöcke) und einer Besatzdichte

von maximal 18 Tieren pro m² Nutzfläche während der Junghennenaufzucht (LAVES, 2013).

In Anlehnung an diese Empfehlungen war das Ziel dieser Studie, den Einfluss unterschiedlicher Haltungsbedingungen und stallklimatischer Parameter während der Aufzucht von Junghennen auf das Vorkommen von Federpicken und die Tiergesundheit zu ermitteln, um in Zukunft verbesserte Aufzuchtbedingungen für Junghennen schaffen zu können.

II. ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT

1. Bedeutung der Aufzuchtperiode

Der Aufzuchtperiode von Junghennen kommt eine besondere Bedeutung bei, denn einerseits werden in dieser Zeit Lernerfahrungen gemacht, die einen Einfluss auf das Verhalten im gesamten späteren Leben der Tiere haben können (APPLEBY et al., 1983; VESTERGAARD und LISBORG, 1993; VESTERGAARD et al., 1993; SANOTRA et al., 1995; VESTERGAARD und BARANYIOVÁ, 1996; JOHNSEN et al., 1998; GUNNARRSON et al., 2000; COLSON et al., 2008; BESTMAN et al., 2009), andererseits ist es wichtig, dass Hennen bereits während der Aufzucht die Haltungsbedingungen kennen lernen, in denen sie während der Legeperiode gehalten werden, um Anpassungsschwierigkeiten zu vermeiden (COLSON et al., 2008). Dies wird auch in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in §14 Abs. 1 Nr. 4 so gefordert (TierSchNutzV, 2006).

Während der Aufzucht können wichtige Weichen gestellt werden, was die Entstehung von unerwünschten Verhaltensweisen wie Federpicken angeht. Die Umstände, die bei Junghennen zu Federpicken führen können, werden unter 3.1.2. erörtert. Es ist wichtig, dass Federpicken gerade in dieser frühen Lebensphase verhindert wird, denn wenn dieses Verhalten einmal gezeigt wird, ist es sehr schwer dies zu unterbinden. BESTMAN et al. (2009) konnten beobachten, dass 71% der Junghennen, die kein Federpicken während der Aufzucht zeigten, dies auch während der Legeperiode nicht taten. Hingegen hatten 90% der Gruppen, die bereits während der Aufzucht Gefiederschäden aufwiesen, auch während der Legeperiode einen schlechteren Gefiederzustand.

Für viele Fähigkeiten wird der Grundstein während der Aufzuchtperiode gelegt. Es wird angenommen, dass Junghennen, die in einer abwechslungsreichen Umgebung aufgezogen werden, ein gewisses Geschick in der räumlichen Wahrnehmung entwickeln, welches sie befähigt sich leicht in einer komplexen Umgebung zu bewegen (GUNNARRSON et al., 2000). Legehennen, die in einer abwechslungsreicheren Umgebung aufgezogen wurden, benutzen öfter höhere Ebenen, ihre Sprünge und langen Flüge sind präziser und die Zahl der verlegten Eier ist geringer (COLSON et al., 2008). Außerdem reduziert ein früher Zugang zu Sitzstangen, spätestens ab einem Alter von vier Wochen, die Häufigkeit von Bodeneiern in den ersten Wochen der Legeperiode (GUNNARRSON, 1999). Zudem ist ein früher Zugang zu Sitzstangen wichtig, da die Nutzung der Sitzstangen im Erwachsenenalter von der Sitzstangen-Nutzung während der Aufzucht beeinflusst wird (APPLEBY et al., 1983).

2. Erlernen und Ausüben von Normalverhalten

2.1. Nahrungserwerbsverhalten

Die Verhaltensmuster von Haushühnern, die der Nahrungssuche und -aufnahme dienen, sind genetisch verankert (MARTIN, 2005) und stimmen weitestgehend mit den Verhaltensweisen ihrer wilden Vorfahren, den Bankivahühnern (*Gallus gallus*), überein (VESTERGAARD, 1981). Bereits gleich nach dem Schlüpfen beginnen Küken am Boden zu picken. Anfangs wird jeder Fleck, der sich optisch vom Untergrund abhebt, bepickt, wobei die Pickversuche in den ersten Tagen noch nicht sehr treffsicher sind (KRUIJT, 1964). Bevor die jungen Hühner gelernt haben Fressbares eindeutig zu erkennen, werden auch Körperteile von Artgenossen, wie Zehen, Schnabel, Augen und Kloake, sowie Kot vorsichtig

bepickt (MARTIN, 2005). Während der gesamten Nahrungssuche und -aufnahme wird eine Reihe von Verhaltensweisen gezeigt: neben dem Picken am Boden (*ground-pecking*) auch Scharren am Boden (*ground-scratching*), Kopfschütteln (*head-shaking*) sowie das Klopfen (*bill-beating*), Abstreifen (*bill-wiping*) und Scharren (*bill-scratching*) mit dem Schnabel. All dies dient dazu die Nahrung zugänglich zu machen, zu zerkleinern und anhaftendes Material von Schnabel und Kopf zu entfernen (KRUIJT, 1964). Insgesamt verbringen Legehennen im Schnitt 35,3–47,5% ihrer täglichen Aktivität mit der Suche und Aufnahme von Nahrung (FÖLSCH, 1981).

2.2. Komfortverhalten

Die Gefiederpflege beginnt bereits am 1. Lebenstag mit vorsichtigem Picken ins Gefieder oder gegen das Bein und es wird mit nahezu geschlossenem Schnabel an der Federbasis geknabbert (*nibbling*). In den darauffolgenden Tagen beginnen die Küken einzelne Federn durch den fast geschlossenen Schnabel zu ziehen (*stroking*) und mit halbgeöffnetem Schnabel rasch über die Oberfläche des Gefieders zu streichen (*combing*) (KRUIJT, 1964).

Während Hühner dieses Putzverhalten (*preening*) ausführen, verteilen sie Lipide aus der Bürzeldrüse auf ihrem Gefieder. Diese haben u.a. eine wasserabweisende Funktion (VAN LIERE et al., 1991).

Staubbaden wird ebenfalls dem Komfortverhalten zugerechnet. Das physiologische Staubbadeverhalten kann in vier Abschnitte unterteilt werden (VAN ROOIJEN, 2005). Zunächst wird eine Mulde in geeignetem Substrat geschaffen, in welche die Henne sich hineinlegt (1); anschließend wird in sitzender oder seitlich liegender Position Substrat in das Gefieder eingebracht (2).

Das Substrat durchkämmt das Gefieder und haftet sich an Parasiten, Wasser, Schuppen sowie oxidierte Feder- und Hautfette (3). Im letzten Schritt wird das eingebrachte Substrat durch Schütteln von Körper und Flügeln entfernt und die Federn wieder in die richtige Position gebracht (4) (VAN ROOIJEN, 2005). Sämtliche Verhaltensweisen, die während des Staubbadens gezeigt werden, beherrschen junge Hühner nach und nach innerhalb der 1. Lebenswoche (KRUIJT, 1964). Überschüssige Lipide im Gefieder werden beim Staubbaden nicht nur entfernt (VAN LIERE und BOKMA, 1987; VAN LIERE et al., 1990), sie lösen das Staubbadeverhalten auch aus (VAN LIERE et al., 1991). Nach dem Staubbaden sind die Daunenfedern deutlich flauschiger; vermutlich, weil die Daunenfedern durch überschüssige Lipide verkleben und nach deren Entfernung die Struktur der Daunen wiederhergestellt wird (VAN LIERE und BOKMA 1987).

Im Schnitt dauert ein Staubbad 20–30 Minuten (VESTERGAARD, 1982; VAN LIERE et al., 1990; SEWERIN, 2002), allerdings werden auch kürzere Vorgänge gezeigt (0–5 Minuten), in denen nicht alle Verhaltensweisen des Staubbadens ausgeführt werden. Dies hängt u.a. mit dem zur Verfügung stehenden Substrat zusammen: auf Sand wird öfter ausgiebig staubgebadet, auf Holzspäne eher kurz (VAN LIERE et al., 1990). Sand wird als Substrat zum Staubbaden generell bevorzugt gegenüber Holzspäne (VAN LIERE et al., 1990; SANOTRA et al., 1995), Stroh oder Federn (SANOTRA et al., 1995). Junge Hühner lernen in ihren ersten Lebenstagen welche Materialien sich zum Picken und Staubbaden eignen (SANOTRA et al., 1995; VESTERGAARD und BARANYIOVÁ, 1996).

Bevorzugt staubbaden Hühner gemeinsam. SEWERIN (2002) konnte im Auslauf zumeist eine Gruppe von 20 Tieren beobachten, die zeitgleich staubbadeten. Am

häufigsten wird Staubbadeverhalten zwischen 12 und 13 Uhr gezeigt, bei adulten Legehennen geschieht dies im Schnitt alle zwei Tage (VESTERGAARD, 1982).

2.3 Aufbaumen

Hühner sind tagaktive Vögel und ruhen daher vor allem nachts (OESTER, 2005). Zum Schlafen werden abends bevorzugt erhöhte Plätze aufgesucht und wenn die Möglichkeit dazu besteht, baumen die Tiere auf (FÖLSCH, 1981; OESTER, 2005). Junge Küken schlafen in den ersten Lebenswochen dicht gedrängt auf dem Boden und erst in einem Alter von 4–6 Wochen suchen sie erhöhte Schlafplätze zum Aufbaumen auf. Tagsüber werden bereits früher erhöhte Plätze genutzt und erkundet (OESTER, 2005). HEIKKILÄ et al. (2006) konnten die erste Nutzung von Sitzstangen am Tag bereits in der 2. Lebenswoche beobachten. In dieser Studie fingen die Küken auch schon in Lebenswoche 3 mit der nächtlichen Sitzstangennutzung an. Anfangs verbringen die jungen Tiere tagsüber wesentlich mehr Zeit auf den Sitzstangen als nachts (HEIKKILÄ et al., 2006), im erwachsenen Alter kehrt sich dieses Verhältnis um (TAUSON, 1984; APPLEBY et al., 1992; DUNCAN et al., 1992; ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993). Es wurde beobachtet, dass 6 Wochen alte Junghennen tagsüber 21,3% der Zeit auf Sitzstangen ruhen, nachts sind es hingegen nur 5,2% (HEIKKILÄ et al., 2006). Erwachsene Tiere verbringen am Tag 25–50% der Zeit auf Sitzstangen, nachts sind es je nach Studie 76–85% (APPLEBY et al., 1992) oder sogar 80–100% (TAUSON, 1984; ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993; OLSSON und KEELING, 2000). Hühner haben ein großes Bedürfnis danach Sitzstangen zu nutzen und wenn ihnen diese Möglichkeit verwehrt wird, führt dies zu vermehrter Frustration und beeinträchtigtem Tierwohl (OLSSON und KEELING, 2000).

3. Unerwünschtes Verhalten

3.1. Federpicken

3.1.1. Definition

Der Begriff Federpicken beschreibt das Bepicken und Ausreißen von Federn eines Artgenossen (SAVORY, 1995). Es kann unterteilt werden in sanftes und starkes Federpicken (KEELING, 1994). Beim sanften Federpicken werden keine Federn ausgerissen und es entsteht kein oder nur ein sehr geringer Schaden. Das bepickte Tier reagiert in der Regel nicht (SAVORY, 1995). Sanftes Federpicken zeigen Küken bereits in den ersten Lebenstagen und es ist vermutlich Teil des normalen Sozial- und Erkundungsverhaltens (RODEN und WECHSLER, 1998; RIEDSTRA und GROOTHUIS, 2002). Teilweise werden auch nur Partikel angepickt, die sich auf dem Gefieder des Artgenossen befinden (BLOKHUIS und ARKES, 1984; SAVORY, 1995).

Starkes Federpicken wird hingegen mit deutlich mehr Kraft ausgeführt; teilweise werden dabei Federn ausgerissen (SAVORY, 1995). Durch starkes Federpicken kommt es zu Gefiederschäden (SAVORY, 1995; BILCIK und KEELING, 1999; ZEPP et al., 2018) und zu Hautverletzungen beim bepickten Tier (BILCIK und KEELING, 1999). Das Opfer kann eine Reaktion in Form einer Lautäußerung zeigen und sich zurückziehen (SAVORY, 1995). Es ist davon auszugehen, dass das Herausupfen von Federn schmerzhaft ist und daher ein tierschutzrelevantes Problem darstellt (GENTLE und HUNTER, 1991).

3.1.2. Ursachen

Federpicken ist ein Verhaltensproblem, das in jedem Alter und in allen Haltungsformen auftritt (WELLS, 1972; HANSEN und BRAASTAD, 1994;

HUBER-EICHER und AUDIGÉ, 1999; SARICA et al., 2008; BESTMAN et al., 2009; GILANI et al., 2013; TAHAMTANI et al., 2016; HELMER, 2017; WIDOWSKI et al., 2017; ZEPP et al., 2018). HUGHES und DUNCAN (1972) beschreiben es als komplexes Problem, das nicht auf einen bestimmten ursächlichen Faktor zurückzuführen ist, sondern auch immer die Interaktion eines Individuums mit seiner Umgebung miteinschließt. Faktoren, die Federpicken begünstigen, führen dann zu diesem Fehlverhalten, wenn die Neigung zum Picken aufgrund einer eintönigen Umgebung nicht anders ausgelebt werden kann (HUGHES und DUNCAN, 1972). Andere Autoren gehen davon aus, dass es sich hierbei grundsätzlich um ein fehlgeleitetes Futterpickverhalten handelt (HOFFMEYER, 1969; BLOKHUIS und ARKES, 1984). Es wurde beobachtet, dass die Anregung von Futtersuchverhalten und Picken am Boden sich positiv auf das Auftreten von Federpicken auswirken können, denn es verhindert, dass sich die Tiere gegenseitig bepicken (BLOKHUIS und ARKES, 1984; BLOKHUIS und VAN DER HAAR, 1989; HUBER-EICHER und WECHSLER, 1998; GILANI et al., 2013). Daher empfiehlt sich die Bereitstellung von Einstreu (BLOKHUIS und ARKES, 1984; BLOKHUIS und VAN DER HAAR, 1989; JOHNSEN et al., 1998; DE HAAS et al., 2014b; TAHAMTANI et al., 2016) und insbesondere von langen Strohhalmen (HUBER-EICHER und WECHSLER, 1998; AERNI et al., 2000; EL-LETHEY et al., 2000). Auch die Verwendung von Futtermehl anstatt Pellets wirkt sich positiv aus, denn es regt die Tiere zu vermehrtem Futtersuchverhalten an (AERNI et al., 2000; EL-LETHEY et al., 2000). Eine andere Annahme ist, dass Federpicken das Resultat von fehlender Erfahrung (VESTERGAARD und LISBORG, 1993; VESTERGAARD et al., 1993) bzw. fehlender Verfügbarkeit von geeignetem Staubbadematerial ist

(WEITZENBÜRGER et al., 2006a). Neben dem Einsatz von Beschäftigungsmaterial (siehe Veröffentlichung Kapitel IV) hat sich auch die Bereitstellung von Sitzstangen als Maßnahme zur Verhinderung von Federpicken bewährt. HUBER-EICHER und AUDIGÉ (1999) fanden heraus, dass Junghennen, die ohne Sitzstangen aufgezogen werden, ein vierfach höheres Risiko haben, von Federpicken betroffen zu sein. Der Einfluss von Besatzdichte und stallklimatischen Parametern auf das Auftreten von Federpicken wird ebenfalls in der Veröffentlichung diskutiert (siehe Kapitel IV). Ein weiterer Faktor, der dieses Verhaltensproblem begünstigen kann, ist die Größe der Gruppe, in der die Legehennen gehalten werden. Mit zunehmender Gruppengröße können immer häufiger Federpicken und daraus resultierende Gefiederschäden beobachtet werden (BILCIK und KEELING, 1999; NICOL et al., 1999; DE HAAS et al., 2014a).

3.2. Kannibalismus

3.2.1 Definition

Der Begriff Kannibalismus bezeichnet bei Hühnern das Picken an der Haut und dem darunterliegenden Gewebe von Artgenossen (KEELING, 1994). Es werden zwei Formen unterschieden: 1. Das kräftige Bepicken von kahlen Hautstellen, die möglicherweise eine Folge von starkem Federpicken sind. Dadurch entstehen Blutungen, die andere Hühner zu noch mehr Picken an dieser Stelle anregen. 2. Kloakenkannibalismus tritt in der Regel dann auf, wenn die Kloakenschleimhaut direkt nach der Eiablage prolapiert ist und von Artgenossen angepickt wird (SAVORY, 1995).

3.2.2. Ursachen

Die Entstehung von Kannibalismus ist nicht vollständig aufgeklärt. Es gibt die Meinung, dass dieses Verhalten das Resultat aus vorangegangenen Federpicken sein kann. Aufgrund von ausgerissenen Federn entstehen kahle Hautstellen, die andere Hühner zum Picken anregen und leicht verletzt werden können (SAVORY, 1995; MARTIN, 2005). KJÆR und VESTERGAARD (1999) vermuten, dass starkes Federpicken möglicherweise in Kloakenkannibalismus übergehen kann. Andere Autoren sind überzeugt, dass es sich um separate Verhaltensstörungen handelt (ALLEN und PERRY, 1975), aber die gleichen ungünstigen Haltungsumstände sowohl zu Federpicken als auch zu Kannibalismus führen (ALLEN und PERRY, 1975; HUBER-EICHER und WECHSLER, 1998). Analog zum positiven Einfluss von Einstreu in den ersten vier Lebenswochen auf das Auftreten von Federpicken, konnten JOHNSEN et al. (1998) beobachten, dass Junghühner signifikant mehr kannibalistische Verletzungen aufwiesen und die Mortalität aufgrund von Kannibalismus insgesamt signifikant höher war, wenn die Tiere in den ersten vier Wochen auf Draht statt Einstreu gehalten wurden. GUNNARRSON (1999) stellte fest, dass Legehennen weniger Kloakenkannibalismus zeigen, wenn sie während der Aufzucht früh Zugang zu Sitzstangen bekommen, spätestens in einem Alter von vier Wochen.

Auf den Einfluss von Beschäftigungsmaterial und stallklimatischen Bedingungen auf das Vorkommen von Kannibalismus wird in Kapitel IV in der Veröffentlichung eingegangen.

4. Tiergesundheit

4.1. Brustbeinveränderungen

Veränderungen am Brustbein stellen ein weitverbreitetes Problem in der Legehennenhaltung dar (KÄPPELI et al., 2011b; WILKINS et al., 2011; HERR, 2016). Dies sowohl aus Sicht des Tierwohls, als auch aus einem wirtschaftlichen Blickwinkel betrachtet (NASR et al., 2012a). Denn hochgradige Brustbeinveränderungen (Frakturen) verursachen Schmerzen (NASR et al., 2012b, 2013) und gleichzeitig kommen Tiere ohne (verheilte) Brustbeinfraktur besser in ihrer Haltungsumgebung zurecht, sie legen mehr Eier und von besserer Qualität (NASR et al., 2012a). KÄPPELI et al. (2011b) untersuchten insgesamt 3.900 Legehennen aus 39 Gruppen und aus unterschiedlicher Haltung und stellten eine Prävalenz von durchschnittlich 55% fest. Knapp die Hälfte aller beobachteten Brustbeinveränderungen war dabei mittel- bis hochgradig. Es gab allerdings große Unterschiede zwischen den Gruppen, was die Gesamtzahl an Brustbeinveränderungen (Spannweite: 20–83%) und auch die Häufigkeit von mittel- bis hochgradigen Schäden anging (6–48%) (KÄPPELI et al. 2011b). HERR (2016) untersuchte Legehennen aus Volierensystemen und stellte ebenfalls bei mehr als der Hälfte der Tiere Veränderungen am Brustbein fest (52,3%); allerdings waren diese nur bei 7,5% der Tiere hochgradig, 44,8% waren geringgradig. In Volieren, sprich in einer komplexen, mehrstöckigen Umgebung, kommen insgesamt mehr Brustbeinveränderungen und auch öfter mittel- bis hochgradige Schäden vor als in Bodenhaltung (KÄPPELI et al., 2011b; WILKINS et al., 2011). Osteoporose begünstigt die Entstehung von Knochenbrüchen bei Legehennen durch die damit verbundene Abnahme der Knochenfestigkeit (WHITEHEAD, 2004). Zudem kommt es durch Traumata (FLEMING et al.,

2004; SCHOLZ et al., 2008) und durch die Nutzung von Sitzstangen zu Brustbeinveränderungen (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993; APPLEBY et al., 1993; ABRAHAMSSON et al., 1996; VITS et al., 2005; STRUELENS et al., 2009; SCHOLZ et al., 2008; KÄPPELI et al., 2011a; WILKINS et al., 2011; STRATMAN et al., 2015). Es scheint auch einen genetischen Einfluss zu geben, was bedeutet, dass bestimmte Legelinien anfälliger für Brustbeinschäden sind als andere (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993; VITS et al., 2005; HABIG und DISTL, 2013). In allen drei Studien schnitten LSL-Hennen hinsichtlich der Brustbeingesundheit besser ab als Tiere der Legelinien LB bzw. Shaver 288.

4.2. Fußgesundheit

Läsionen und Hyperkeratosen an Fuß- und Zehenballen sind ein häufig zu beobachtendes Problem in der Legehennenhaltung: WEITZENBÜRGER et al. (2006b) stellten bei 86,1% der von ihnen untersuchten Tiere solche Veränderungen an den Füßen fest. Hierbei wiesen 57,4% der Hennen geringgradige Hyperkeratosen auf, bei 21,0% waren es mittelgradige Hyperkeratosen bzw. oberflächliche Epithelläsionen und 7,8% hatten hochgradige Veränderungen (hochgradige Hyperkeratose und/oder tiefgehende Epithelläsionen und/oder eine Ballenverdickung). HERR (2016) beobachtete bei insgesamt 73,9% aller untersuchten Tiere Fußballenveränderungen. Das Haltungssystem hat einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung von solchen Veränderungen (WEITZENBÜRGER et al., 2005). In alternativen Haltungssystemen, wo die Fußhygiene schlechter ist aufgrund von Einstreu und Kot, kommt es insbesondere zu Epithelläsionen (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1995). Feuchtigkeit und erhöhte Temperaturen über 20°C begünstigen die Entstehung noch zusätzlich (WANG et al., 1998). In Käfighaltung entwickeln sich vor allem Hyperkeratosen

aufgrund der Haltung auf Gitterboden (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1995; SEWERIN, 2002; WEITZENBÜRGER et al., 2006b). Auch der Zugang zu Freiland ist ein Risikofaktor für die Entstehung von Fußveränderungen (DIKMEN et al., 2016; HEERKENS et al., 2016; HERR, 2016). Zudem scheint es eine genetische Komponente zu geben mit der Folge, dass manche Legelinien anfälliger für bestimmte Fußschäden sind als andere (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1995; TAUSON und ABRAHAMSSON, 1996; WEITZENBÜRGER et al., 2005; LEE, 2012; HERR, 2016). TAUSON und ABRAHAMSSON (1996) gehen davon aus, dass die einzelnen Legelinien unterschiedlich gut an verschiedene Haltungsbedingungen angepasst sind.

5. Rechtlicher Hintergrund

Bis zur freiwilligen Vereinbarung von Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und Bundesverband Deutsches Ei e.V. ab dem 1. August 2016 auf das Schnabelkürzen von Legehennen zu verzichten und ab dem 1. Januar 2017 keine schnabelkupierte Junghennen mehr einzustallen (BMEL, 2015), wurde bei 90% der konventionell gehaltenen Legehennen in Deutschland routinemäßig der Schnabel im Kükenalter gekürzt (NMELV, 2015). Dies war möglich aufgrund der Ausnahmeregelung in §6 Abs. 3 Nr. 1 des Tierschutzgesetzes, die besagt, dass „das Kürzen der Schnabelspitzen von Legehennen bei unter zehn Tage alten Küken“ durch die zuständige Behörde erlaubt werden kann, wenn dies „im Hinblick auf die vorgesehene Nutzung zum Schutz der Tiere unerlässlich ist“ (TierSchG, 2006). Generell gilt in Deutschland ein Amputationsverbot bei Wirbeltieren (§ 6 Abs. 1 Nr. 3, TierSchG, 2006). Des Weiteren sieht das deutsche Tierschutzgesetz in dem §2 die verhaltensgerechte Unterbringung von Tieren in

menschlicher Obhut vor (TierSchG, 2006). Konkrete Mindestanforderungen an die Haltung von adulten Legehennen werden national in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung geregelt (TierSchNutzV, 2006). Für die Haltung von Junghennen existiert derzeit keine solche Regelung. In der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung wird lediglich in dem §14 Abs. 1 Nr. 4 verlangt, dass nur Legehennen eingestallt werden dürfen, die während ihrer Aufzucht an die Art der Haltungseinrichtung gewöhnt worden sind (TierSchNutzV, 2006). Um dennoch eine Orientierung bieten zu können, hat das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit einen Managementleitfaden zur Vermeidung von Federpicken und Kannibalismus bei nicht-schnabelkupierten Jung- und Legehennen veröffentlicht. Darin wird für die Junghennenaufzucht u.a. eine maximale Besatzdichte von 18 Tieren pro m² Nutzfläche ab dem 35. Lebenstag empfohlen, sowie das ständige Vorhandensein von manipulierbarem Beschäftigungsmaterial ab der 1. Lebenswoche (LAVES, 2013). Um die momentane gesetzlichen Lage in Bezug auf die Haltung von Junghennen zu verbessern, wurde am 4. November 2016 vom Bundesrat ein Verordnungsentwurf an die Bundesregierung weitergeleitet, der vorsieht, dass die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung u.a. um einen weiteren Abschnitt mit detaillierten Anforderungen an eine verhaltensgerechte Unterbringung und Pflege von Junghennen ergänzt wird (BUNDESRAT, 2016). Am 14. März 2017 gab die Bundesregierung bekannt, dass der vorgelegte Verordnungsentwurf vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft überprüft wird (BUNDESRAT, 2017).

III. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

Das Forschungsvorhabens „Verhalten und Gesundheitszustand von Junghennen in Volierenaufzuchten im Hinblick auf die Etablierung von Mindestanforderungen für die Junghennenaufzucht“ (Förderkennzeichen: Az. K3-2533-PN 14-25), welches durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz über das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit gefördert wurde, bildete den Rahmen für die Entstehung der vorliegenden Dissertation. Zeitgleich wurden bei diesem Projekt zwei weitere Dissertationen angefertigt, die beide bereits veröffentlicht wurden: die Dissertation von Frau Dr. Helmer mit dem Titel „Der Einfluss verschiedener Besatzdichten und Enrichmentmaßnahmen auf die Verhaltensentwicklung von Junghennen während der Haltung im Volierenblock“ (HELMER, 2017) und die Dissertation von Frau Dr. Zepp mit dem Titel „Der Einfluss von Besatzdichte und Beschäftigungsmaterial auf das Verhalten von nicht-schnabelkupierte Junghennen von Lebenstag 36 bis 120“ (ZEPP, 2018) mit der dazugehörigen Veröffentlichung „The influence of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive pecking behavior in laying hen chicks“ (ZEPP et al., 2018).

Der Einfluss von Beschäftigungsmaterial, Besatzdichte und stallklimatischer Parameter auf Gefiederzustand, Haut- und Kopfverletzungen, Körpergewicht und Uniformität wurde im Rahmen der Veröffentlichung ausgewertet und wird in dem Kapitel IV beschrieben. Dort werden auch die Unterschiede der einzelnen Untersuchungsgruppen bezüglich Beschäftigungsmaterial und Besatzdichte erläutert sowie die Ergebnisse der stallklimatischen Untersuchungen. Zusätzlich

zu den oben genannten und in der Publikation dargestellten Gesundheitsparametern, wurden für diese Dissertation die Brustbein- und Fußgesundheit sowie die Schnabel- und Krallenlänge der Junghennen untersucht. Für diese Auswertungen werden im Folgenden Material und Methoden erläutert.

1. Projektdurchführung

Die Studie wurde in einem konventionellen Junghennenaufzuchtbetrieb in Bayern durchgeführt. Die Datenerhebung fand in zwei aufeinanderfolgenden Aufzuchtdurchgängen statt und erstreckte sich von Juli 2015 bis April 2016. Insgesamt waren 9.187 (DG 1) bzw. 9.090 (DG 2) nicht-schnabelkupierte, altersgleiche Junghennen der Hybridlinie Lohmann Brown Teil der Studie, von denen pro Untersuchungszeitraum 450 Tiere untersucht wurden.

2. Aufbau und Ausstattung der Voliere

Die Junghennen wurden in einer handelsüblichen Aufzuchtvoliere (Meller Typ 501-3, Meller Anlagenbau GmbH, 49324 Melle, Niedersachsen) gehalten. Die Voliere bestand aus mehreren Voliereneinheiten (jeweils 2,41 m lang und 2,44 m hoch) mit jeweils drei Ebenen und einem Einstreubereich (Abbildungen 1–3). Die Abteile 1 bis 3 bestanden jeweils aus vier Voliereneinheiten (Länge: 9,64 m), die Abteile 4 bis 9 jeweils aus fünf (Länge: 12,05 m). Die mittlere und die untere Ebene waren mit einem automatischen Futterband ausgestattet, welches circa acht Mal täglich durchlief, sowie mit acht Nippeltränken und jeweils zwei runden Sitzstange aus Metall. Die oberste Ebene hatte acht Nippeltränken und sechs runde Metallstangen zum Sitzen. (Abbildung 1). Alle Ebenen und Abteile waren mit den gleichen runden Metallsitzstangen ausgestattet. Die Nippeltränken konnten je nach Bedarf in der Höhe verstellt werden (zwischen 14 cm und 45 cm).

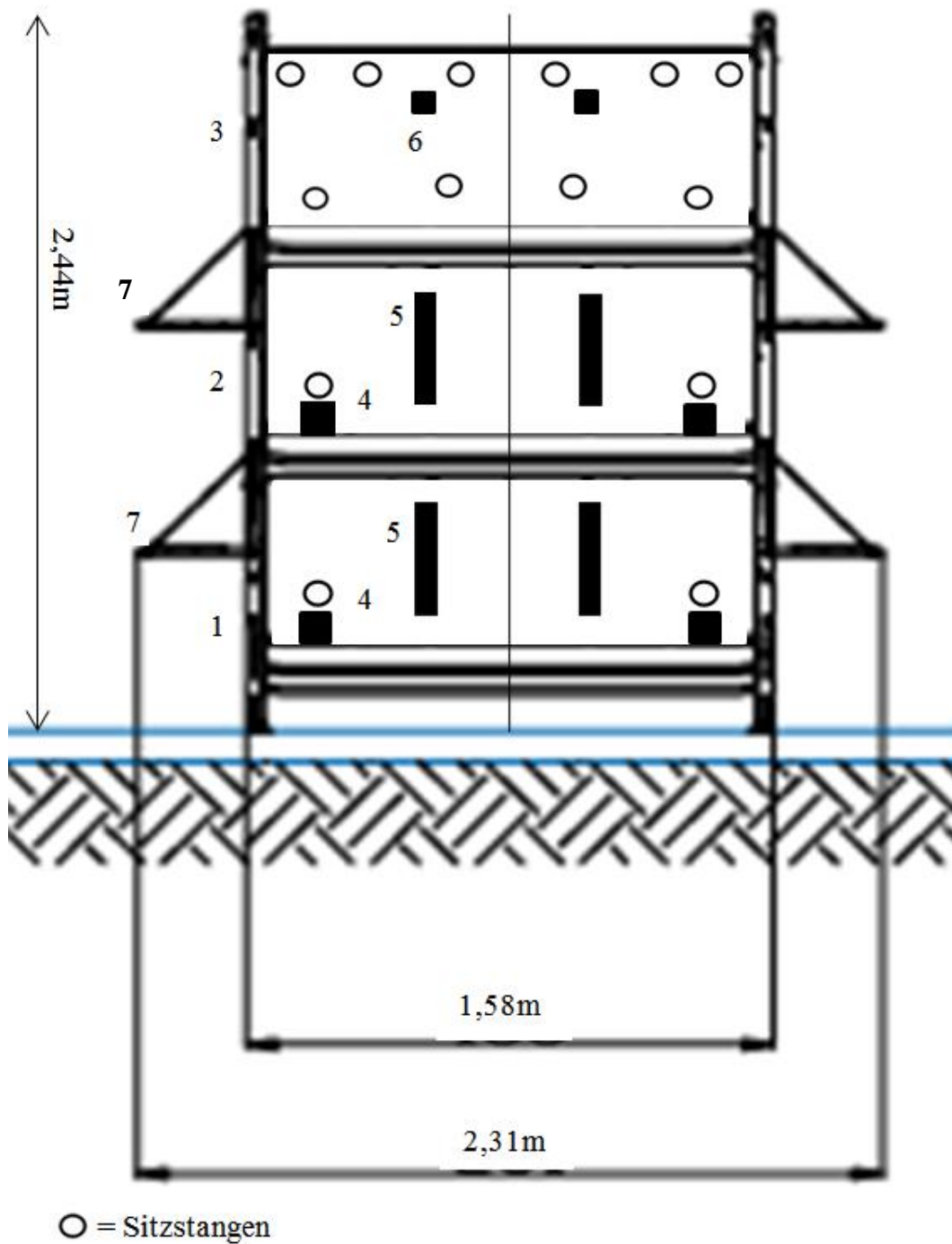


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Aufzuchtvoliere im Querschnitt. Modifiziert nach Meller Anlagenbau GmbH, Melle (MELLER, 2011), nicht maßstabsgetreu. Darstellung der gesamten Voliere, nur die linke Hälfte war Teil des Versuchsaufbaus. 1 = untere Ebene, 2 = mittlere Ebene, 3 = oberste Ebene, 4 = Futterband mit Sitzstange, 5 = höhenverstellbare Nippeltränken mit Sitzstange obendrauf, 6 = Nippeltränken, 7 = aufgeklappter Anflugbalkon nach Öffnen der Voliere.

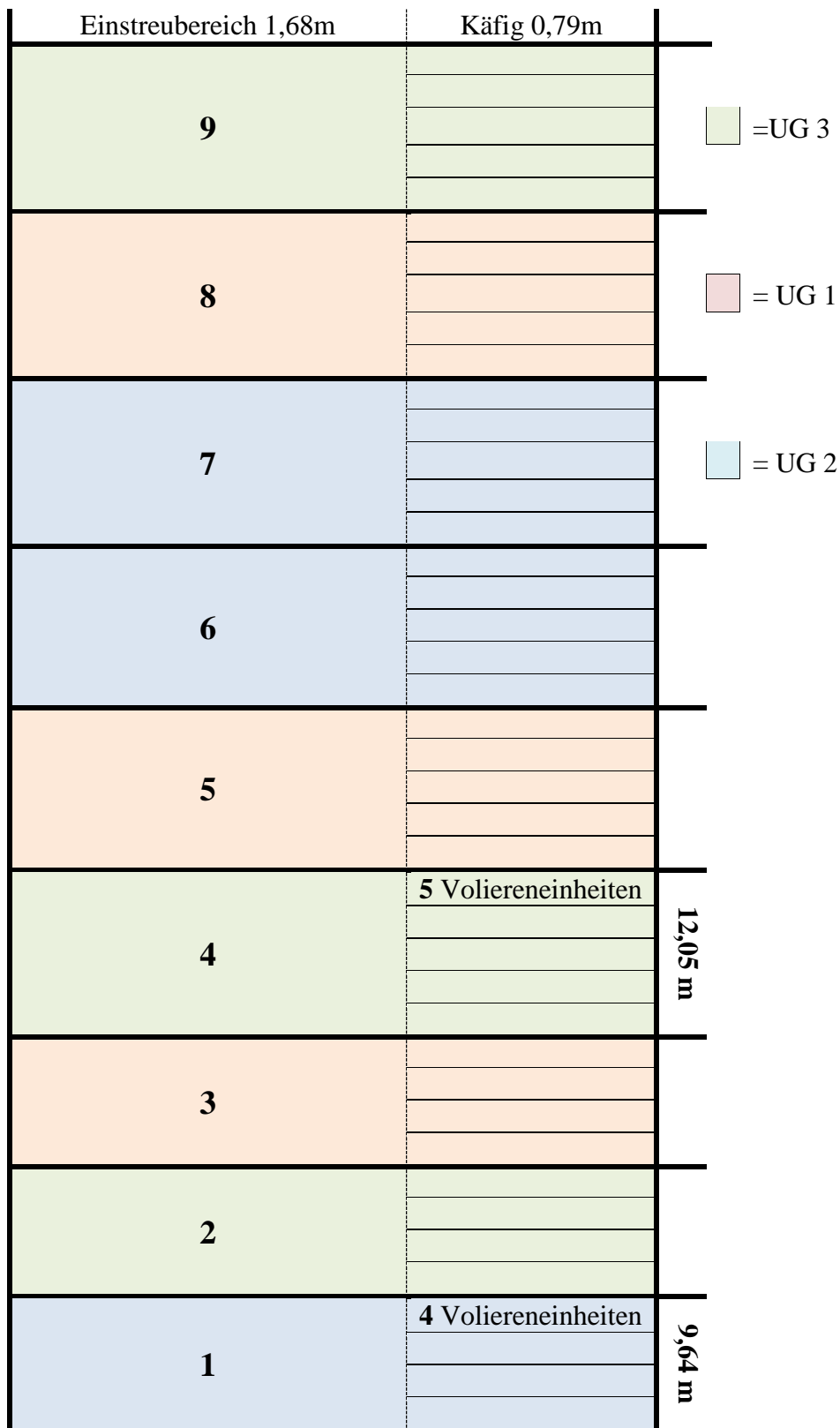


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Untersuchungsabteile 1–9 im Untersuchungsstall. Nicht maßstabsgetreu. UG = Untersuchungsgruppe.



Abbildung 3: Übersicht über den Aufbau der Voliere und die Ausstattung.

Links = die Aufzuchtvoliere im Untersuchungsstall: an der orangenen Linie endet das Abteil, welches vorne im Bild zu sehen ist; zwischen den farbigen Linien befindet sich jeweils eine Voliereinheit (Länge: 2,41 m). Rechts oben = ein bepicktes Sechstel eines Picksteins. Rechts unten = das Kükenpapier, mit dem der Gitterboden während der Käfigphase ausgelegt war.

Während der Käfigphase war jede besetzte Ebene in UG 2 und UG 3 mit einem Sechstel eines Picksteins und mit einem halben Pickblock ausgestattet. Während der Volierenphase lagen ein ganzer Pickstein, ein bis zwei Pickblöcke und ein Luzerneballen im Einstreubereich eines jeden Abteils in UG 2 und UG 3. Jede Ebene war mit einem Gitterboden (Maschenweite: 17×36 mm) ausgestattet, unter dem ein Kotband durchlief. In den ersten Wochen war der Gitterboden mit Kükenpapier ausgelegt, wie in Abbildung 3 rechts unten zu sehen ist. In DG 1 wurde ein Teil des Kükenpapiers am 15. LT entfernt, da es zu Schimmelbildung

gekommen war. Der Rest wurde am 29. LT herausgenommen. In DG 2 wurde das gesamte Papier an LT 15 entfernt, um von vornherein die Entstehung von Schimmel zu vermeiden.

Der Einstreubereich war mit einer Schicht aus langen Strohhalmen bedeckt.

3. Zeitlicher Ablauf

Die Aufzuchtperiode bestand aus einer Käfigphase (LT 1 bis LW 5) und einer Volierenphase (LW 5 bis LW 18). Tabelle 1 zeigt den genauen zeitlichen Ablauf.

Während der Käfigphase konnten sich die Tiere nicht frei zwischen den Ebenen bewegen und hatten keinen Zugang zum Einstreubereich. Zu Beginn der Volierenphase wurden die Käfigebenen geöffnet, indem die Türen aufgeklappt wurden und diese nun als Anflugbalkone genutzt werden konnten. Dies ermöglichte den Junghennen die Ebenen zu wechseln und den Einstreubereich zu betreten.

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf beider Durchgänge mit den wichtigsten Ereignissen. In Klammern die jeweilige Lebenswoche (LW) zum Lebenstag. DG = Durchgang, UZR = Untersuchungszeitraum, u. = und.

Ereignis	Lebenstag	
	DG 1	DG 2
Käfigphase		
Einstellung	1 (LW 1)	1 (LW 1)
Vollständiges Entfernen des Kükenpapiers	—	15 (LW 3)
1. UZR	19 (LW 3)	17 (LW 3)
Vollständiges Entfernen des Kükenpapiers	29 (LW 5)	—
2. UZR: Öffnen der Voliere → Zugang Einstreubereich u. alle Ebenen	32 (LW 5)	31 (LW 5)
Volierenphase		
3. UZR	54 (LW 8)	54 (LW 8)
4. UZR	81 (LW 12)	87 (LW 13)
5. UZR	116 (LW 17)	117 (LW 17)

4. Verletzungsbonitur

In jedem Durchgang wurden die Junghennen fünf Mal bonitiert. Der genaue Zeitpunkt einer jeden Bonitur ist in Tabelle 1 dargestellt. Bei jedem UZR wurden jeweils 50 Tiere aus jedem Abteil herausgefangen und untersucht. Insgesamt wurden 4.500 Junghennen für diese Studie bezüglich ihres Gesundheitszustands bewertet. Nach dem Wiegen wurde jedes Tier mithilfe eines modifizierten Junghennen-Bewertungssystem untersucht (GUNNARSSON, 2000; TAUSON et al., 2005). Die Beurteilungskriterien, nach denen Brustbein und Füße bewertet wurden, ist Tabelle I im Anhang (Kapitel X) zu entnehmen, während Tabelle II (Anhang) das komplette Boniturschema beinhaltet. Die Untersuchung war

aufgeteilt in folgende Körperregionen: Kopf, Rumpf (inklusive Brustbein) und Füße. Zur Beurteilung des Brustbeins wurde dieses palpiert, um Abweichungen der Form oder Knochenstruktur, Stauchungen oder Hinweise auf eine Fraktur festzustellen. Anschließend wurde der Befund einem Score von 4 bis 2 zugeordnet. Score 4 wurde für ein unverändertes Brustbein vergeben, Score 2 für eine hochgradige Deformation. Für die Bewertung der Fußgesundheit wurden beide Füße betrachtet und auf Verletzungen oder Hyperkeratosen untersucht. Fußballenläsionen wurden eingeteilt nach ihrem Nicht-Vorhandensein, ihrer Größe und ob von dorsal bereits eine Schwellung sichtbar war oder nicht (Score 4 bis 1). Bezüglich Fuß- und Zehenballenhyperkeratose wurde bewertet, ob keine bzw. nur eine geringgradige Hyperkeratose vorhanden ist (Score 0) oder ob es sich um eine mittel- bis hochgradige Ausprägung handelt (Score 1).

Beim letzten UZR wurde bei jedem untersuchten Tier zusätzlich die Länge vom Schnabel und der mittleren Krallen am linken Fuß mit einem Maßband gemessen und dokumentiert.

5. Statistik

Für die Eingabe der Rohdaten und die Anfertigung von Tabellen wurde die Software Microsoft Excel, 2010 (Firma Microsoft Corporation, Redmond) verwendet. Sämtliche Analysen wurden mit der statistischen Programmiersprache R (R CORE TEAM, 2017) mit der Hilfe von Dr. Paul Schmidt, Pfinztal, durchgeführt. Für Grafiken wurde das Paket ggplot2 (WICKHAM, 2009) eingesetzt sowie die Software IBM SPSS Statistics 23 (IBM Deutschland GmbH, Ehningen). Für die Datenverarbeitung wurden die Pakete reshape2 und dplyr verwendet. Die statistischen Analysen verwenden zum Teil Funktionen aus dem Paket lme4 (BATES et al., 2015) und multcomp (HOTHORN et al., 2008).

Fehlende Werte im Datensatz wurden mithilfe des Pakets Amelia (HONAKER et al., 2011) mehrfach (50 Mal) imputiert (multiple Imputation). Vom Imputationsprozess ausgeschlossen wurden die Merkmale *Krallenlänge* und *Schnabellänge*, da diese Merkmale sehr viele fehlende Werte aufweisen und somit die Datengrundlage für eine Imputation zu stark verringert hätten.

Für die statistische Analyse wurden die Zusammenhänge zwischen den Einflussgrößen (Beschäftigungsmaterial, Besatzdichte, Lichtintensität, Temperatur, Staubkonzentration, Alter, Einstreutiefe und -qualität) und den Zielgrößen (Brustbeinveränderungen, Fußballenläsionen, Fußballenhyperkeratose, Zehenballenhyperkeratose, Schnabel- und Krallenlänge) simultan geschätzt. Neben den festgelegten Einflussgrößen wird das Abteil der Tiere als unstrukturierter zufälliger Effekt berücksichtigt, alle anderen Einflussgrößen werden als feste Effekte modelliert. Daraus ergeben sich gemischte lineare Modelle, die mithilfe des lme4 Pakets für R geschätzt wurden. Für die metrischen Zielgrößen (Schnabel- und Krallenlänge) wurde eine Normalverteilung als Beobachtungsmodell gewählt, für die binären Merkmale (Brustbeinveränderungen, Fußballenläsionen, Fußballen- und Zehenballenhyperkeratose) ein logistisches Regressionsmodell.

Entsprechend der Empfehlung der American Statistical Association (ASA; WASSERSTEIN und LAZAR, 2016) und der darin enthaltenen Diskussion (McSHANE und GAL, 2017), wurde in dieser Studie auf die Verwendung von p -Werten verzichtet. Stattdessen kann die Aussagekraft eines Effekts anhand der Punktschätzung und des dazugehörigen Unsicherheitsintervalls interpretiert werden.

IV. PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE

Christopher J. Liebers¹, Angela Schwarzer¹, Michael Erhard¹, Paul Schmidt²,
Helen Louton¹

¹Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung,
Veterinärwissenschaftliches Department, Ludwig-Maximilians-Universität,
München

²Statistische Beratung für Wissenschaft und Forschung, Zimmerstr. 10, 76327
Pfinztal

**The influence of environmental enrichment and stocking density on the
plumage and health conditions of laying hen pullets**

Poultry Science 2019, 0, 1–15

Angenommen am 08. Januar 2019

<https://doi.org/10.3382/ps/pez024>

The influence of environmental enrichment and stocking density on the plumage and health conditions of laying hen pullets

Christopher J. Liebers,* Angela Schwarzer,* Michael Erhard,* Paul Schmidt,[†] and Helen Louton*,¹

*Department of Veterinary Sciences, Chair of Animal Welfare, Ethology, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, Veterinärstrasse 13/R, 80539 Munich, Germany; and [†]Statistical Consulting for Science and Research, Zimmerstr. 10, 76327 Pfinztal, Germany

ABSTRACT In this study, the effects of environmental enrichment, stocking density, and microclimate on feather condition, skin injuries, and other health parameters were investigated. During 2 rearing periods (RP), non-beak-trimmed Lohmann Brown hybrid pullets were housed in an aviary system for rearing with cages and from week 5 of age onwards with access to a litter area. All pullets were reared in the same barn and under practical conditions. In total, 9,187 (RP 1) and 9,090 (RP 2) pullets were distributed in 9 units, and each unit was assigned to 1 of 3 experimental groups (EG). In the control group (EG 1), the pullets were kept without environmental enrichment and at a commonly used stocking density (22 to 23 pullets per m²). Each unit of the 2 treatment groups was provided with 3 types of environmental enrichment simultaneously (pecking stones, pecking blocks, and lucerne bales), and the pullets were kept at a lower than usual (18 pullets per m²) (EG 2) or commonly used stocking density (EG 3). In each RP, the plumage condition, injuries and

health of the pullets, and the microclimate of the housing system were examined 5 times. The statistical relationships of enrichment, stocking density, and microclimate with animal health were estimated via regression models. We found that the provision of environmental enrichment had a significant increasing effect on the plumage quality in week 17. Furthermore, significant relationships were found between several predictors (temperature in the housing system, dust concentration, and age of the pullets) and response variables (plumage condition, body injuries, head injuries, bodyweight, difference to the target weight and uniformity). The results of this study showed that increasing temperature in the housing system and increasing age of the pullets are significantly associated with the occurrence of feather damage and skin injuries during rearing. With stocking densities as high as we used (all > 17 pullets per m²), no significant positive effect of a reduced stocking density could be observed.

Key words: rearing period, pullet, environmental enrichment, stocking density, plumage condition

2019 Poultry Science 0:1–15

<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez024>

INTRODUCTION

The practice of beak trimming does not solve the underlying problems of feather pecking and cannibalism in laying hens, although it drastically decreases general plumage damage (Lee and Craig, 1991; Sun et al., 2014; Hartcher et al., 2015) and mortality due to cannibalism (Guesdon et al., 2006; Sun et al., 2013, 2014). With the abandonment of beak trimming as already realized in several European countries, e.g., in Norway, Sweden, Austria, and Germany, new strategies have to be found

and implemented to prevent feather pecking and cannibalism and to ensure animal welfare. The rearing period (RP) plays an important role in the prevention of the before-mentioned unwanted behavior (Hoffmeyer, 1969; Blokhuis and Arkes, 1984; Vestergaard and Lisborg, 1993; Vestergaard et al., 1993; Sanotra et al., 1995; Vestergaard and Baranyiová, 1996; Johnsen et al., 1998; Gunnarsson, 1999; McAdie et al., 2005; Bestman et al., 2009; Lambton et al., 2010).

Feather pecking is a problem in all types of housing systems, and it occurs during rearing as well as during the laying period (Wells, 1972; Hansen and Braastad, 1994; Huber-Eicher and Audigé, 1999; Sarica et al., 2008; Bestman et al., 2009; Gilani et al., 2013; Tahamtani et al., 2016; Widowski et al., 2017). Feather pecking describes the act of pecking and pulling out feathers from another bird. This behavior results in plumage damage and potentially in skin injuries (Bileik and Keeling, 1999). The plucking of feathers is probably painful for the victim and therefore affects animal

© The Author 2019. Published by Oxford University Press on behalf of Poultry Science Association. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. For commercial re-use, please contact journals.permissions@oup.com.

Received September 11, 2018.

Accepted January 8, 2019.

¹Corresponding author: h.louton@lmu.de

welfare (Gentle and Hunter, 1991). Furthermore, feather pecking is of economic interest because thinner feather coverage leads to a higher food intake to compensate the increased heat loss (Leeson and Morrison, 1978; Damme and Pirchner, 1984). Despite the damage it causes, feather pecking clearly differs from aggressive pecking behavior (Hoffmeyer, 1969). It is assumed to be the result of misdirected foraging behavior due to a lack of appropriate foraging material or missing experience with sufficient dust bathing substrate (Hoffmeyer, 1969; Blokhuis and Arkes, 1984; Vestergaard and Lisborg, 1993; Vestergaard et al., 1993). Young chickens learn about pecking and dust bathing substrate during their first days of life (Sanotra et al., 1995; Vestergaard and Baranyiová, 1996). In contrast to feather pecking, aggressive pecking is motivated by dominance and the forming of a social hierarchy, and the pecks are usually directed at the head (Savory, 1995). Cannibalism describes the pecking of skin and underlying tissue of conspecifics (Keeling, 1994). This behavior can be divided into pecking of denuded skin areas or vent pecking (Savory, 1995). The pecking of exposed skin areas increases even more after the appearance of hemorrhages. Vent pecking occurs especially at the beginning of lay and at the moment when the cloacal mucous membrane is prolapsed after the hen laid an egg. Cannibalism is a major problem in terms of animal welfare, and it leads to economic losses due to increased mortality.

The German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals (2006) demands that laying hens should be reared according to their later housing conditions. In addition, it is beneficial to provide laying hen pullets with suitable litter, mash food, and environmental enrichment. The stimulation of foraging behavior with sufficient substrate keeps the pullets from pecking at each other during the RP (Huber-Eicher and Wechsler, 1998; Gilani et al., 2013), and it is important to prevent feather pecking in this early stage of life because it is hard to stop once it occurred (Bestman et al., 2009).

The reduction of stocking density is another factor that is reported to have various beneficial effects on animal welfare (Wells, 1972; Ali and Cheng, 1985; Carey, 1987; Cunningham and Gvoryahu, 1987; Davami et al., 1987; Hansen and Braastad, 1994; Tauson and Abrahamsson, 1994; Huber-Eicher and Audigé, 1999; Nicol et al., 1999; Onbaşlılar and Aksoy, 2005; Sarica et al., 2008; Bestman et al., 2009; Widowski et al., 2017). Nonetheless, there are no legal requirements in Germany and the European Union regarding the rearing conditions, including stocking density, for laying hen pullets in commercial aviary systems. However, the Lower Saxony State Office of Consumer Protection and Food Safety (2013) published a guideline with recommendations on the rearing of laying hen pullets, recommending a stocking density of 18 pullets per m², as used in our study.

In this study, we examined and analyzed the effects of environmental enrichment, stocking density, and mi-

croclimate on the welfare of non-beak-trimmed laying hen pullets in order to compare the conventional rearing system in Germany with alternatives. The aim of this project was to find and investigate new solutions that effectively prevent feather pecking and health problems during the RP.

ANIMALS, MATERIALS AND METHODS

Animals and Housing System

The study was conducted on a conventional pullet rearing farm in Germany. The barn that we used had a rearing capacity for 100.000 pullets. In total, 9,187 (RP 1) and 9,090 (RP 2) pullets participated in our study and were reared under practical conditions in this barn. Assessments were made during 2 successive RP in 3 experimental groups (EG) with 3 units each. While RP 1 took place from July to October, RP 2 took place from December to April. All pullets were non-beak-trimmed Lohmann Brown hybrids of the same age. Transportation of the 1-day-old pullets was carried out by LSL Rhein-Main, Dieburg, Germany. Each RP lasted approximately 18 wk. Subsequent to the RP, the pullets were sold to conventional egg producers. In both RP, the pullets were vaccinated against Marek's disease, coccidiosis, infectious bronchitis, Salmonella, Newcastle disease, infectious bursal disease, infectious laryngotracheitis, avian encephalomyelitis, and *Escherichia coli* (only RP 1).

The barn was equipped with the aviary rearing system Meller Type 501-3 (Meller International GmbH, 49324 Melle, Germany). During the winter months, the ventilation of the barn was achieved by 5 ventilators (Ziehl Abegg FC 91, Ziehl-Abegg SE, 74653 Künzelsau, Germany) placed in the middle of the barn. Fresh air came into the barn via vents in the roof area. During the summer months, a tunnel ventilation system was used additionally, with 8 ventilators at one end of the barn and vents in the roof at the other end of the barn. The ventilation system could move 4.8 m³ of air per pullet per hour. Heating was supplied by a gas heating system which consisted of gas guns. Four gas guns were positioned next to the 9 units we observed. The aviary system consisted of several aviary segments (length: 2.41 m each) with 3 cage levels and a litter area. Four (units 1 to 3) or 5 (units 4 to 9) aviary segments were defined as 1 of 9 units. The number of animals in each unit and segment can be seen in Table 1. The units were positioned in a row on the left side of the barn. Unit 1 was in front and nearest to the ventilation fans, unit 9 was in the back of the barn. Each EG had a unit in the front, middle, and at the end of the row in order to compensate different effects of the position in the barn. The units were separated by metal plates between the aviary segments and the litter areas were separated by closed mesh wire doors. The whole cage row was separated from the next cage row (which was not part of the study) by mesh wire. The middle and lower cage levels

Table 1. Distribution of the pullets, stocking densities, and the enrichment in the 9 units.

EG	1	2	3
Unit	3, 5, 8	1, 6, 7	2, 4, 9
Enrichment	No	Yes	Yes
P./m ² ground surface	38.48	34.00	38.48
Pullets per unit			
Planned	920 (Unit 3)1150 (Units 5 and 8)	812 (Unit 1)1015 (Units 6 and 7)	920 (Unit 2)1150 (Units 4 and 9)
Actual (RP 1, RP 2)	926, 880 (Unit 3)1131, 1115 (Units 5 and 8)	823, 825 (Unit 1)1034, 1019 (Units 6 and 7)	893, 903 (Unit 2)1108, 1111 (Units 4 and 9)
Pullets per aviary segment			
Planned	230	203	230
Actual (RP 1, RP 2)	228, 222	206, 205	222, 223
Usable area on day 10, p./m ²			
Planned	119.3	105.3	119.3
Actual (RP 1, RP 2)	118.3, 114.9	107.1, 106.1	115.2, 115.8
Usable area on day 35, p./m ²			
Planned	22.8	18.0	22.8
Actual (RP 1, RP 2)	22.6, 22.0	18.3, 18.2	22.1, 22.2
Usable litter area on day 50, p./m ²			
Planned	80.9	50.1	80.9
Actual (RP 1, RP 2)	80.2, 77.9	51.0, 50.6	78.1, 78.5

The actual numbers of pullets in the units within each experimental group (EG) differed slightly from each other and from the planned numbers. The mean values from the 3 units in each EG are presented in the table.
P./m² = pullets per m², RP = rearing period.

in every aviary segment had a food conveyer belt, water supply from 8 nipple drinkers, and 2 round metal perches each. The top level had 8 nipple drinkers and 6 round metal perches at different heights. The nipple drinkers were lifted to accommodate the growing pullets. The food conveyer belts and perches reached through the whole length of the aviary segment. Each cage level had wired mesh (grid size 17 × 36 mm) on the bottom and a manure conveyer belt beneath.

The pullets were distributed into the 9 units so that 3 units always had the same stocking density, were provided with environmental enrichment or not, and were defined as 1 of 3 EG, as seen in Table 1. The RP had a cage phase (day 1 to week 5 of age) and an aviary phase (week 5 to week 18 of age). The 1-day-old pullets were all placed in the middle cage level of each aviary segment; at 10 D of age, half of the pullets were placed in the lower cage level to meet the growing need for more space. During the cage phase, the pullets could not move between the cage levels and had no access to the litter area. During the first weeks, the mesh wire was covered with a layer of paper over which chicken feed was spread. During RP 1, the paper was partially removed at 15 D of age due to mold formation and completely removed at 29 D of age. During RP 2, the paper was completely removed at 15 D of age in order to prevent the formation of mold in the first place. At the beginning of the aviary phase, the cage levels were opened by folding down the doors to now function as “balconies,” giving the pullets access to the litter area and the other levels. A conventional feeding program was used with deuka feed from Deutsche Tierernährung Cremer GmbH & Co. KG (93055 Regensburg, Germany): “Kükenstarter gekörnt” (chicken starter granulated) for the first 12 D, “All-mash A” (mash) from week 3 to week 8 and “All-mash R” (mash) from week 9 to week 18. The animals were fed ad libitum,

and the feeder space per pullet was 2.1 cm (EG 1), 2.3 cm (EG 2), and 2.2 cm (EG 3).

Environmental Enrichment and Litter

The enrichment consisted of pecking stones, pecking blocks, and lucerne bales. The pecking stones (VIOLith PICKStein Geflügel, Deutsche Vilomix Tierernährung GmbH, Neuenkirchen-Vörden, Germany) were based on mineral components, containing calcium, magnesium, sodium, and trace elements, and weighed 8 to 10 kg. The pecking blocks (PICKBLOCK, Crystalux Products GmbH, Münster, Germany) consisted of selected cereals, minerals, and fiber components, had a structure of fine and rough constituents and weighed 5 kg. If they were used up completely (100%), the stones and blocks were replaced in the cage levels during the cage phase and in the litter area for the remaining 13 wk. The lucerne bales (Hartog Compact Luzerne, Grasdrogerij Hartog BH, Lambertschaag, Netherlands) consisted of dried and heated lucerne, compressed into 20 kg bales, and kept in form with plastic straps. The lucerne bales were replaced 1 to 2 times in each RP.

During the first days of life, all pullets in 1 segment (Table 1) shared one-sixth (1.3 to 1.7 kg) of a pecking stone and one-half (2.5 kg) of a pecking block in the middle cage level simultaneously. At 10 D of age, half of the pullets were placed in the lower cage level and both cage levels were provided with the same amount of enrichment devices as before. When the cage levels were opened and the pullets were given access to the litter area and the entire unit, all pullets of the unit had access to 1 whole pecking stone and block (in RP 2, 2 whole blocks at the same time) in the litter space and 1 lucerne bale simultaneously.

The litter area of all units was covered with a layer of long-cut straw.

Methods of Assessment

Data were collected over 2 RP.

Assessment of Animal Health. During each RP, the pullets were assessed 5 times (A1 to A5) as follows: A1 = 3rd week of age: day 19 (RP 1) or day 17 (RP 2); A2 = 5th week of age: day 32 (RP 1) or day 31 (RP 2); A3 = 8th week of age: day 54 (both RP); A4 = 12th week of age: day 81 (RP 1) or 13th week of age: day 87 (RP 2); A5 = 17th week of age: day 116 (RP 1) or day 115 (RP 2). At every visit, 50 pullets were assessed randomly from each unit. In total, 4,500 pullets were examined. The pullets were weighed on a scale (Weighing Terminal Type: ICS425s, Mettler-Toledo GmbH, Albstadt, Germany) and then examined in detail with a modified pullet score system (Gunnarsson, 2000; Tauson et al., 2005) (Table 2). The examination of the pullets was divided into the following regions: head and body. For the evaluation of the plumage condition, a “triscore” was used comprising the plumage score data of dorsal neck, back, and left wing. The lowest possible score was 3 and the highest was 12. A score of 12 describes a full plumage, whereas a score of 3 represents a pullet with bald patches in all mentioned body regions. In the assessment of the plumage quality, we attempted to include only pecking damage but not feather damage due to molt. The assessment of the body injuries was conducted in 9 body regions and categorized into ≤ 0.5 cm and > 0.5 cm as seen in Table 2. The variable “head injuries” includes general head injuries and injuries of comb and eyelids. The mean body-weight, the difference to the target weight, and the uniformity were calculated for each unit. The difference to the target weight describes the missing or surplus percentage of the target weight. The target weight we used

followed the recommendations by Lohmann Tierzucht GmbH (2017).

Assessment of Environmental Enrichment and Litter. The stones and blocks were weighed on a scale (Page Profi, Soehnle, Nassau, Germany), and the weight was recorded at each assessment time (A1 to A5). The quality of the litter in the litter area was examined, evaluated and recorded during assessments A3 to A5. During assessments A1 and A2, the pullets did not have access to the litter area. The evaluation of the litter was conducted in 1 location, always in the middle of the litter area of each unit. The evaluation score used is based on the Welfare Quality assessment protocol for poultry (Welfare Quality®, 2009): 0 = completely dry and flaky, i.e., moves easily with the foot; 1 = dry but not easy to move with the foot; 2 = leaves imprint of foot and will form a ball if compacted, but does not hold its form; 3 = sticks to boots and sticks readily in a ball if compacted. Prior to the assessment of quality, the litter depth was measured.

Microclimate. During each assessment (A1 to A5), the microclimate was examined. Light intensity, ammonia concentration, temperature, humidity, and dust concentration were measured. All of the data were recorded at the height of the heads of the pullets (standing upright) in the middle of the litter area of each unit. Except for the values for light intensity, which were taken in the middle cage level of each unit. Light intensity was assessed with an LMT Pocket-Lux 2B (LMT Lichtmesstechnik GmbH, Berlin, Germany) using a 6-point measuring system. Ammonia was documented using 2 MSA NH3 Altair Pro (MS Auer, Berlin, Germany). Temperature was assessed using a Testo 925 (Testo AG, Lenzkirch, Germany), and humidity was measured with a Testo 410-2 (Testo AG, Lenzkirch, Germany). The dust concentration was recorded with a Dust Trak DRX Aerosol Monitor TSI (TSI, Inc., 500 Cardigan Road, Sharnview, MA). We tried to make sure that the measurements for the dust concentration were taken at a similar time period each assessment visit and that before measuring no management arrangements were conducted that would increase the dust concentration. The measured dust concentrations were divided into 3 categories according to particle size: particulate matter 10 (PM10, $< 10 \mu\text{m}$), particulate matter 2.5 (PM2.5, $< 2.5 \mu\text{m}$), and total concentration (particles $< 100 \mu\text{m}$). Additionally, the outside temperature was taken from the closest official German weather station in Regensburg, Germany, for a period of 2 wk before each assessment date, in order to evaluate the average outside temperature.

Table 2. Assessment of pullet health and the scores given.

Parameter	Alteration	Score
Damaged feathers ¹	None	4
	≤ 5 feathers affected	3
	> 5 feathers affected	2
	Bald patches < 1 cm	1
Body injuries ²	None	0
	≤ 0.5 cm	1
	> 0.5 cm	2
Head injuries ³	No	0
	Yes	1

¹Damaged feather: missing feathers, broken or interrupted parts. Feathers were assessed on dorsal neck, back, and left wing.

²Body injuries were assessed on dorsal and ventral neck, breast, abdomen, back, left wing, left thigh, tail, and cloaca.

³Head injuries included injuries on the head, eyelids, and comb.

The assessment followed a modified pullet score system according to Gunnarsson (2000) and Tauson et al. (2005).

Statistics

All analyses were carried out using the statistical programming language R (R Core Team, 2017). For the statistical analysis, the relationships between the predictors (environmental enrichment, stocking density,

light intensity, housing temperature, dust concentration, age of the pullets) and the response variables (plumage condition, body injuries, head injuries, body-weight, difference to the target weight and uniformity) were analyzed simultaneously on the basis of the units. In addition to the above-listed predictors, which were modeled as fixed effects, the units were included as unstructured random effects. As a result, the models used are linear mixed models. All response variables are continuous variables and for the observational model a normal distribution has been chosen. The resulting generalized mixed models were fitted using the lme4 package for R. Missing data in the dataset were imputed multiple (50) times by using the Amelia package (Honaker et al., 2011).

Following the recent ASA's statement on *P* values (Wasserstein und Lazar, 2016) and the discussion therein (McShane and Gal, 2017), we decided to forgo the use of *P* values. Instead we followed an approach that emphasizes estimation over testing, i.e., where hypotheses are identified by parameters within a specific regression model. In this approach statements about hypotheses of interest are based solely on the direction of an effect, its size and its precision (Figures 1 and 2). Results are statistically significant when the precision of an estimate is so high that the effect points in a clear direction (the 95% confidence interval [CI] does not cross zero). In this paper, the size of an effect is measured by its point estimate (the further away from zero, the greater the size), its direction is given by the estimated sign (a negative point estimate represents a decreasing effect, a positive point estimates an increasing effect), and its precision is represented by 95% CI (the wider the 95% CI, the less precise the estimation). The actual size of the point estimate cannot be seen in the figures because the scales of the graphics are standardized. The actual size can only be seen for the significant effects with the help of regression coefficients in the text.

Ammonia causes difficulties in the estimation of its effects on the response variables because 51.1% of all data have a value of 0, and 20% of the data are missing due to a defect measuring instrument. In addition, there are simple (in RP 1, all measurements had a value of 0) and complex relationships with other predictors. All this combined made it impossible to estimate the effect of ammonia on the response variables. The distribution of the predictor dust concentration was highly skewed, which justified an analysis on the logarithmic scale.

RESULTS

Animal Health

The plumage triscore is the sum of the plumage score data of the back, neck, and wing. The score ranges from 3 to 12 with 3 being the lowest and 12 being the highest possible score. In the study, no score value under 6 was found. The average value of the plumage triscore was similar in all 3 EG as shown in Table 3. The provision of

environmental enrichment had a significant increasing effect on the plumage condition in week 17 (regression coefficient: 0.52; 95% CI for the difference: 0.05 to 0.99) and led to a significantly better triscore in EG 3 (9.45) compared to EG 1 (9.04) (regression coefficient: 0.55; 95% CI for the difference: 0.10 to 0.98) (Figure 1A). The reduction of the stocking density did not have a significant effect in any week or throughout the whole RP (Figure 2A). In week 8, EG 2 showed a significantly higher triscore (10.66) than EG 1 (10.34) (regression coefficient: 0.35; 95% CI for the difference: 0.07 to 0.64) (Figure 1A). In general, EG 2 had a slightly higher plumage triscore (on average 10.61) than EG 1 (on average 10.40) (Table 3). However, this difference was not statistically significant (Figure 2A). The plumage quality decreased significantly with increasing temperature in the housing system (regression coefficient: -0.06; 95% CI for the difference: -0.08 to -0.04) and with increasing age of the pullets (regression coefficient: -0.21; 95% CI for the difference: -0.25 to -0.17). The development of the triscore was similar in all 3 EG during both RP but differed between RP 1 and RP 2. At an age of 3 wk, the plumage condition had a mean score of 11.88, and in week 17 it was on average 9.31. In RP 2, the plumage quality decreased relatively evenly, whereas the decrease in RP 1 proceeded first slowly but then accelerated from A2 to A3 and from A3 to A4. During this time, the decrease of the triscore from 1 assessment visit to the next was on average >1 in all 3 EG. Towards the end of RP 1, the further decrease of the plumage condition was only minor in EG 1, whereas a slight improvement in the plumage quality was found in EG 2 and EG 3. During RP 1, the plumage triscore was in general lower than in RP 2.

Body injuries were located most commonly on the tail (4.4%), the back (3.7%), and the cloaca (3.1%) (Table 4). Other body regions were rarely affected. Most of the injuries (91%) had a size of ≤0.5 cm. In the following, the exact location of the body injuries was considered irrelevant and the focus was on the number of injured regions on each animal (Table 3). In general, 89.5% of all animals in all groups had no injuries, 9.6% had 1 affected body region, 0.9% had 2, and 0.1% had 3. In both EG with environmental enrichment, the pullets showed slightly fewer injured body regions (0.11) than the pullets in the EG without enrichment (0.13). However, this difference was not statistically significant (Figure 2B). The stocking density did not seem to have an effect on body injuries. The number of affected body regions increased significantly with increasing temperature in the housing system (regression coefficient: 0.02; 95% CI for the difference: 0.01 to 0.02) and with increasing age of the pullets (regression coefficient: 0.02; 95% CI for the difference: 0.01 to 0.03) (Figure 2B). At the age of 5 to 8 wk, the pullets showed injuries at a progressive rate (on average 0.13 injured body regions per pullet). Most of the injuries were recorded around week 8 in RP 2 (0.16 injuries) and week 12 in RP 1

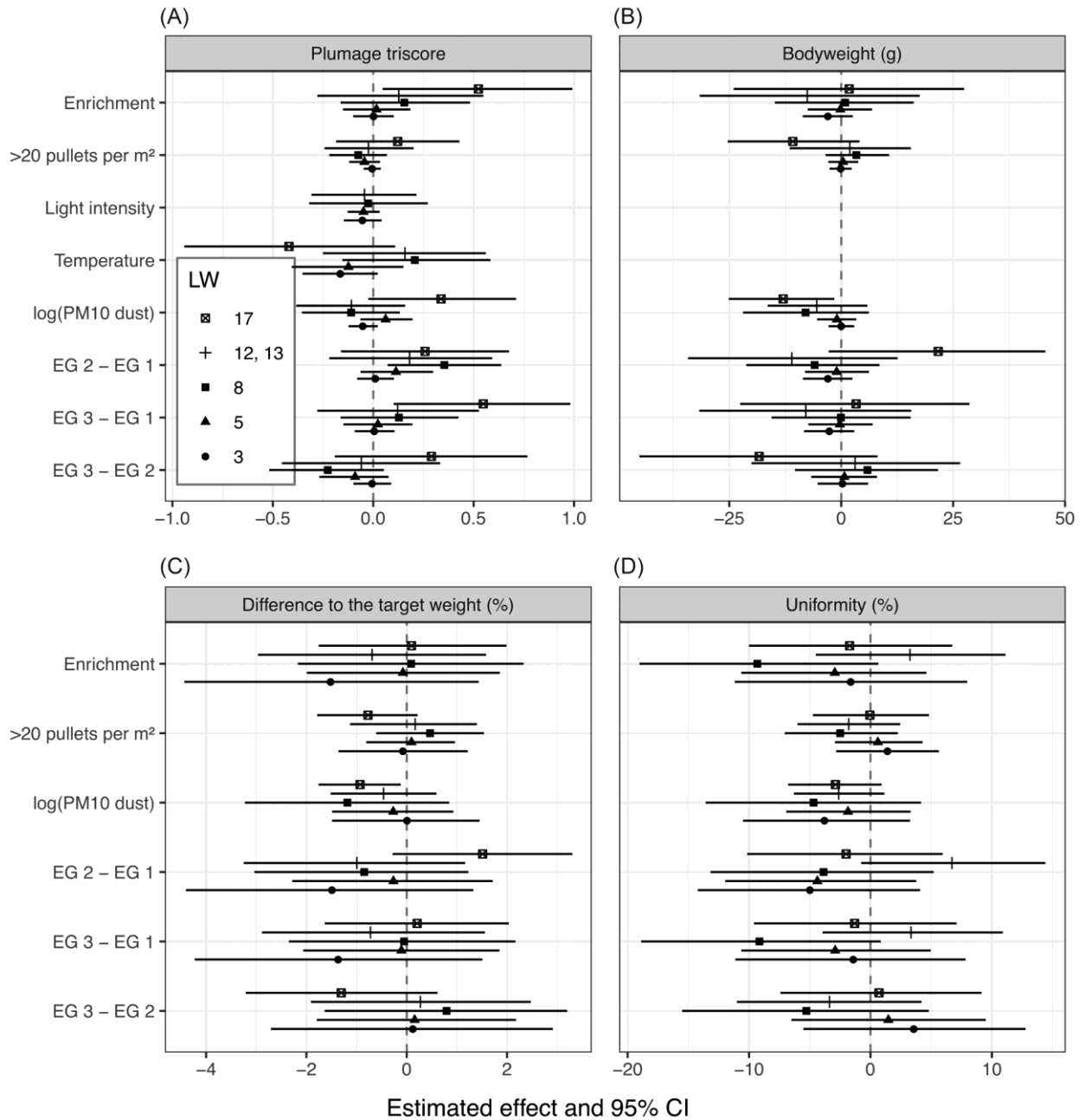


Figure 1. Estimated effect of predictors on the response variables in the different weeks of life. Estimated effects (solid symbols) and 95% confidence intervals (CI; bars) are shown in the diagram for plumage triscore (A), bodyweight (B), difference to the target weight (C), and uniformity (D). If all values of the CI are either positive or negative, the effect is considered significantly increasing or decreasing, respectively. The wider the CI, the less precise is the estimation. The size of the effect can be seen in the distance of the estimated effect from the zero line. However, the scales of the diagrams are standardized and the actual size of the estimated effect can only be seen in the text for the significant effects. For each estimation $n = 18$ was used in the statistical analysis. EG = experimental group, PM10 = particulate matter 10 (particles < 10 μm).

(0.34 injuries). In the following weeks, the level of injuries declined. Towards the end of the RP, the pullets had an average of 0.18 (RP 1) and 0.09 (RP 2) injured body regions. When comparing RP 1 with RP 2, the pullets in RP 1 showed in general a slightly higher level of injuries (0.13 injuries) than those in RP 2 (0.10 injuries).

Because none of the assessed pullets showed head injuries in all 3 assessed regions of the head at the same time, we analyzed whether any kind of head injury was recorded. Of all pullets, 1.9% had any kind of head injury. The number of head injuries per pullet was the same in each EG and was not influenced by enrichment or stocking density (Table 3). However, its occurrence

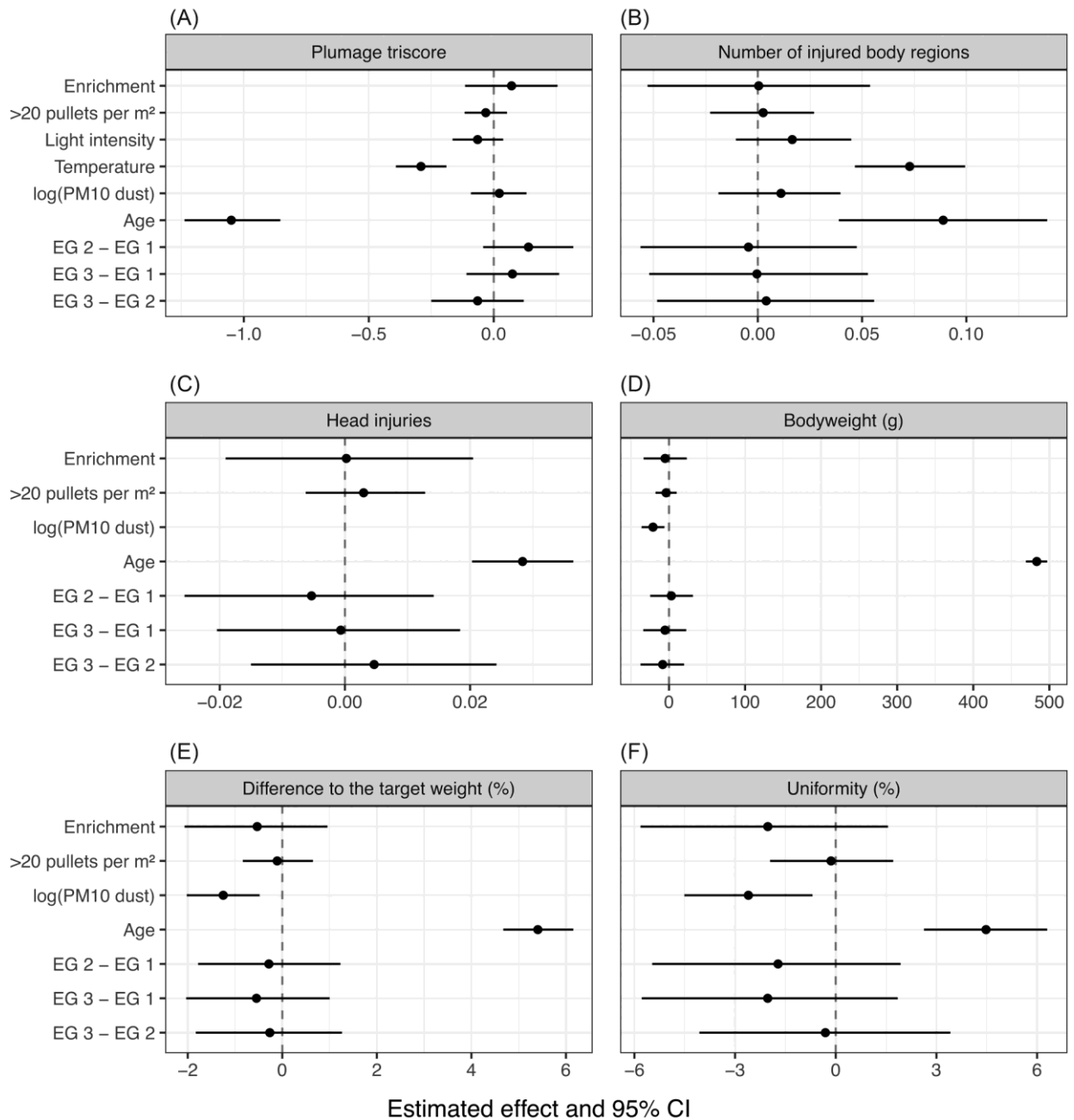


Figure 2. Estimated effect of predictors on the response variables. Estimated effects (solid circles) and 95% confidence intervals (CI; bars) are shown in the diagram for plumage triscore (A), the number of injured body regions (B), head injuries (C), bodyweight (D), difference to the target weight (E), and uniformity (F). If all values of the CI are either positive or negative, the effect is considered significantly increasing or decreasing, respectively. The wider the CI, the less precise is the estimation. The size of the effect can be seen in the distance of the estimated effect from the zero line. However, the scales of the diagrams are standardized and the actual size of the estimated effect can only be seen in the text for the significant effects. For each estimation $n = 90$ was used in the statistical analysis. EG = experimental group, PM10 = particulate matter 10 (particles < 10 μm).

was positively correlated with increasing age of the pullets (regression coefficient: 0.006; 95% CI for the difference: 0.004 to 0.007) (Figure 2C).

When comparing the 3 EG with each other, the mean bodyweights were balanced (Table 5). The pullets weighed in weeks 3; 5; 8; 12; 13; 17 on average 181, 337, 678, 1,124, 1,432 g (EG 1); 178, 336, 671, 1,112, 1,450 g (EG 2) and 178, 337, 681, 1,116, 1,441 g (EG

3). The bodyweight development was even in all groups throughout the whole RP and neither the provision of environmental enrichment nor the reduction of stocking density had a statistically significant effect (Figures 1B and 2D). However, in week 17, with the reduced stocking density, the bodyweight improved slightly but not significantly. That means, in this week of life the pullets in EG 2 had a slightly higher bodyweight than

Table 3. The results for plumage triscore, number of injured body regions, and head injuries in each experimental group (EG) throughout all weeks of life.

Response	EG	EE	P./m ²	n	Mean	SD	Min.	Max.
Plumage triscore	1	no	>20	30	10.40	1.12	8.44	11.98
	2	yes	<20	30	10.61	1.03	8.62	12.00
	3	yes	>20	30	10.55	1.05	8.74	12.00
Number of injured body regions	1	no	>20	30	0.13	0.11	0.00	0.36
	2	yes	<20	30	0.11	0.13	0.00	0.66
	3	yes	>20	30	0.11	0.11	0.00	0.44
Head injuries	1	no	>20	30	0.02	0.05	0.00	0.22
	2	yes	<20	30	0.02	0.03	0.00	0.10
	3	yes	>20	30	0.02	0.06	0.00	0.30

None of these differences were significant.

EE = environmental enrichment, P./m² = pullets per m², n = number of units included in the calculation, SD = standard deviation, Min. = smallest assessed value, Max. = largest assessed value.

Table 4. Distribution and number of injuries of the 9 assessed body regions in descending order, beginning with the most affected body region as an average of all experimental groups.

Body region	No skin injuries (%)	Injuries ≤0.5 cm (%)	Injuries >0.5 cm (%)
Tail	95.58	4.09	0.31
Back	96.29	2.98	0.73
Cloaca	96.93	3.02	0.04
Neck, ventral	99.84	0.13	0.02
Thigh	99.87	0.13	0.00
Abdomen	99.96	0.04	0.00
Neck, dorsal	99.98	0.02	0.00
Wing	99.98	0.02	0.00
Breast	100.00	0.00	0.00

in EG 1 and EG 3, but this difference was not significant (Figure 1B). The bodyweight declined significantly with increasing dust concentration of PM10 (regression coefficient: -21.64; 95% CI for the difference: -37.44 to -6.15) and increased significantly with every week of age (regression coefficient: 95.76; 95% CI for the difference: 93.03 to 98.57) (Figure 2D). In week 17, the decrease of the bodyweight due to increased dust concentration was significant as well (regression coefficient: -13.33; 95% CI for the difference: -25.81 to -1.59).

The difference to the target weight was similar in all EG throughout all assessed weeks of life (Table 5). In weeks 3; 5; 8; 12; 13; 17 it was on average -7.5, -7.6, -2.5, 4.0, 2.3% (EG 1); -9.0, -8.0, -3.5, 2.9, 3.6% (EG 2) and -8.9, -7.7, -2.0, 3.3, 2.9% (EG 3). It was not significantly influenced by environmental enrichment or stocking density (Figures 1C and 2E). Throughout the RP, the difference to the target weight decreased significantly with increasing dust concentration (regression coefficient: -1.28; 95% CI for the difference: -2.11 to -0.49) and improved with increasing age (regression coefficient: 1.07; 95% CI for the difference: 0.93 to 1.22). In week 17, the decreasing effect of dust concentration of PM10 was significant as well (regression coefficient: -0.96; 95% CI for the difference: -1.81 to -0.12).

Uniformity represents the percentage of animals meeting $\pm 10\%$ of the average bodyweight. In general, the uniformity was at minimum 54% and at maximum 96%. The uniformity was similar in all EG and none of

the group differences were significant (Table 5; Figures 1D and 2F). The average uniformity in weeks 3; 5; 8; 12; 13; 17 was 77.7, 78.7, 76.3, 77.0, 84.3% (EG 1); 72.3, 73.7, 72.0, 83.3, 81.7% (EG 2) and 77.3, 76.0, 69.3, 80.3, 84.3% (EG 3). With increasing dust PM10 concentration, the uniformity decreased significantly (regression coefficient: -2.68; 95% CI for the difference: -4.67 to -0.64) and with every week of age it improved significantly (regression coefficient: 0.89; 95% CI for the difference: 0.52 to 1.27).

Environmental Enrichment and Litter

The enrichment was used intensively right from the beginning. After 3 wk, 27% of the pecking blocks and 39% of the pecking stones were used up. In RP 1, 100% of the blocks and 90% of the stones were consumed after 8 wk. In RP 2, 76% of the blocks and 100% of the stones were used up in the same period. The consumption of the lucerne bales was not documented. They were replaced 1 to 2 times during each RP.

Litter quality of score 5 could already be seen in both RP by the first assessment visit after opening the cages and giving the pullets access to the litter area (A3, week 8). The litter crust covered on average 29.3% of the litter area in the units of EG 1, 24.0% in the units of EG 2, and 35.9% in the units of EG 3. On top of the crust was about 2 cm of loose litter (quality score 2). In RP 1, the quality of the litter was mainly of score 2, whereas in RP 2, half of the measurements had score 2 and the other half score 3. The average depth of the litter was about 5 cm after 8 wk and about 10 cm during the last weeks of the RP.

Microclimate

The results of the microclimate measurements can be seen in Table 6. Light intensity in the cage levels ranged from 13 to 28 lx. Two-thirds of the average values measured were below 20 lx. The reduction of the light intensity was used as a management measure to

Table 5. The results for bodyweight, difference to the target weight, and uniformity in the 3 experimental groups (EG) in each assessed week of life (wk).

Response	EG	wk	EE	P./m ²	n	Mean	SD	Min.	Max.
Bodyweight (g)	1	3	no	>20	6	181	11	168	193
	2	3	yes	<20	6	178	11	164	191
	3	3	yes	>20	6	178	11	164	192
	1	5	no	>20	6	337	9	330	350
	2	5	yes	<20	6	336	9	324	346
	3	5	yes	>20	6	337	6	331	348
	1	8	no	>20	6	678	11	658	690
	2	8	yes	<20	6	671	10	656	685
	3	8	yes	>20	6	681	16	664	711
	1	12, 13	no	>20	6	1124	60	1058	1190
	2	12, 13	yes	<20	6	1112	46	1053	1154
	3	12,13	yes	>20	6	1116	57	1056	1197
	1	17	no	>20	6	1432	23	1414	1470
	2	17	yes	<20	6	1450	21	1420	1477
	3	17	yes	>20	6	1441	28	1415	1487
Difference to the target weight (%)	1	3	no	>20	6	-7.5	4.7	-13.1	-2.1
	2	3	yes	<20	6	-9.0	4.6	-14.8	-3.2
	3	3	yes	>20	6	-8.9	4.5	-14.9	-2.5
	1	5	no	>20	6	-7.6	2.1	-9.9	-4.7
	2	5	yes	<20	6	-8.0	2.1	-10.7	-5.8
	3	5	yes	>20	6	-7.7	1.4	-8.9	-5.3
	1	8	no	>20	6	-2.5	1.7	-5.6	-0.4
	2	8	yes	<20	6	-3.5	1.6	-5.9	-1.2
	3	8	yes	>20	6	-2.0	2.3	-4.7	2.0
	1	12, 13	no	>20	6	4.0	2.1	1.4	6.6
	2	12, 13	yes	<20	6	2.9	1.0	1.0	3.6
	3	12,13	yes	>20	6	3.3	2.3	1.1	7.1
	1	17	no	>20	6	2.3	2.2	0.3	5.6
	2	17	yes	<20	6	3.6	1.3	2.1	5.2
	3	17	yes	>20	6	2.9	2.1	1.1	6.8
Uniformity (%)	1	3	no	>20	6	77.7	9.4	68.0	88.0
	2	3	yes	<20	6	72.3	7.5	60.0	82.0
	3	3	yes	>20	6	77.3	6.5	68.0	86.0
	1	5	no	>20	6	78.7	7.3	68.0	88.0
	2	5	yes	<20	6	73.7	5.7	66.0	82.0
	3	5	yes	>20	6	76.0	6.1	66.0	82.0
	1	8	no	>20	6	76.3	6.9	68.0	84.0
	2	8	yes	<20	6	72.0	6.7	62.0	78.0
	3	8	yes	>20	6	69.3	9.8	54.0	84.0
	1	12, 13	no	>20	6	77.0	6.0	70.0	86.0
	2	12, 13	yes	<20	6	83.3	4.7	78.0	88.0
	3	12,13	yes	>20	6	80.3	9.5	68.0	96.0
	1	17	no	>20	6	84.3	5.3	80.0	94.0
	2	17	yes	<20	6	81.7	8.7	66.0	92.0
	3	17	yes	>20	6	84.3	6.1	78.0	94.0

None of these differences were significant.

EE = environmental enrichment, P/m² = pullets per m², n = number of units included in the calculation, SD = standard deviation, Min. = smallest assessed value, Max. = largest assessed value.

reduce the number of cannibalistic injuries. The data were similar in both RP but differed between the units.

The measurements of ammonia in RP 1 were <5 ppm. During RP 2, most of the measured values were below 10 ppm; only during the last 2 assessment visits did a few values exceed 10 ppm with a maximum of 25 ppm measured in unit 3 at the last assessment.

The temperature measured and compared between the 2 RP differed widely. The mean temperature in RP 1 was 24.9°C and in RP 2 it was 19.0°C (Table 6).

The humidity differed substantially between the units and when comparing the RP. During RP 1, the humidity was between 57.7% (unit 8) and 65.8% (unit 1) and was higher than during RP 2 with a range from 45.5% (unit 8) to 61.7% (unit 1) (Table 6).

The dust concentration measurements varied greatly during each RP but did not differ as much when comparing RP 1 and RP 2 with each other. A decrease in dust concentration was measured from unit 1 to unit 9 in both RP. In general, units 1 to 6 had a higher dust concentration than units 7 to 9. The total dust concentration was on average between 11.53 and 23.08 mg/m³ in units 1 to 6 and between 1.34 and 12.40 mg/m³ in units 7 to 9. The data showed a very strong correlation ($r = 0.99$) between PM2.5 and PM10, which makes it impossible to estimate the influence of both values simultaneously on the response variables. For further evaluation, this study will focus on the PM10 concentration. The concentration of PM10 was between 5.43 and 10.44 mg/m³ in units 1 to 6 and between 0.64 and 4.78 mg/m³ in units 7 to 9 (Table 6).

Table 6. The average values of the microclimate measurements in each unit and rearing period represented as mean values and ranges (in parentheses) for each experimental group (EG), with the exception of the largest value for ammonia (ppm), which represents the absolute highest value that was measured in this EG.

EG	1		2		3	
Rearing period	1	2	1	2	1	2
Light intensity (lx)	20 (13–28)	18 (14–23)	18 (13–24)	18 (14–22)	19 (15–24)	16 (14–18)
Ammonia (ppm):						
Mean value	0.0	5.9 (2.2–9.7)	0.0	3.6 (3.1–4.4)	0.0	5.5 (0.5–8.1)
Largest value	0	25	0	10	0	19
Temperature (°C)	25.0 (24.1–25.5)	19.6 (17.0–21.6)	24.9 (24.7–25.3)	18.9 (18.5–19.1)	24.7 (23.3–25.7)	18.6 (14.7–20.9)
Humidity (%)	59.7 (57.7–61.4)	51.8 (45.5–57.3)	61.2 (58.5–65.8)	52.1 (46.2–61.7)	60.6 (59.4–61.9)	53.2 (47.6–58.6)
Dust PM10 (mg/m ²)	4.66 (1.81–6.35)	6.46 (3.12–10.44)	5.78 (3.42–7.24)	5.73 (4.78–6.44)	4.10 (0.64–6.22)	5.54 (1.66–8.07)

PM10 = particulate matter 10 (particles <10 µm).

DISCUSSION

Plumage Condition

Even though the pullets of EG 2 and EG 3 had access to the environmental enrichment from day 1 and used it intensely from the beginning, its positive effect on the plumage triscore was only significant in week 17. Other studies showed a distinct and significant effect of enrichment on the plumage condition. Feather pecking can be prevented almost entirely during the RP, as described by McAdie et al. (2005), if the pullets have access to enrichment from the 1st day of age. Feather pecking increased when environmental enrichment was provided for the first time when the pullets were 22- or 52-days-old, and it was most prevalent when enrichment was not provided at all (McAdie et al., 2005). Furthermore, feather pecking can be prevented effectively during rearing if the pullets have the option of pecking and scratching on the ground (Blokhuys and Van Der Haar, 1989) and their foraging behavior is encouraged (Huber-Eicher and Wechsler, 1998). A possible explanation for our finding of similar plumage triscores in all 3 EG and a non-significant effect of enrichment on the feather condition, except for week 17 when its effect was significant, could be that litter was first provided at 5 wk of age in all 3 EG. Johnsen et al. (1998) emphasized the importance of litter provision in the first 4 wk of age for preventing feather pecking: chicks reared on wire in the first 4 wk of age showed significantly more severe feather pecking at 5 to 6 wk of age compared with animals that were reared on straw in the first 4 wk. Furthermore, Johnsen et al. (1998) observed that feather pecking could not be prevented even after the provision of litter in week 5 once it had started. Thus, in the present study, the missing litter in the first weeks of life could have caused feather pecking in all 3 EG. Helmer (2017) and Zepp et al. (2018), who performed the behavioral observations on the same pullets that we assessed during the cage and the aviary phase in our project, confirmed that feather pecking occurred from the beginning and in all EG.

The plumage triscore of the pullets reared with a density of <20 pullets per m² was not significantly better than that of the pullets reared with a higher

stocking density. Other studies came to the conclusion that keeping pullets at a high stocking density causes a significant increase in feather pecking and an inferior plumage quality during the RP (Wells, 1972; Hansen and Braastad, 1994; Huber-Eicher and Audigé, 1999; Bestman et al., 2009). Hens that already showed signs of feather pecking during rearing have a high likelihood of also performing this behavior during laying, independently of the later housing system (Johnsen et al., 1998; Bestman et al., 2009; Lambton et al., 2010; Gilani et al., 2013). In our study, the reason why the reduced stocking density had no significant decreasing effect on the occurrence of plumage damage might be that the stocking densities we examined were possibly too high in general and the differences too small. Other studies that investigated the influence of stocking density on the plumage quality during the RP used lower densities than we did and found that pullets kept at <10 birds per m² showed significantly less feather pecking and feather damage compared with pullets kept at higher densities (Wells, 1972; Hansen and Braastad, 1994; Huber-Eicher and Audigé, 1999). Huber-Eicher and Audigé (1999) studied the occurrence of feather pecking in 64 flocks on different commercial rearing farms and found that flocks kept at ≥10 pullets per m² had a 6.4 times higher risk of being affected by feather pecking than pullets kept at <10 birds per m². The authors suggested that 10 pullets per m² could be the biological threshold between high and low stocking density.

In our study, the most noticeable difference in the plumage triscore seemed to be between the EG with environmental enrichment and a lower stocking density (EG 2, average score: 10.61) and the EG without enrichment and with a higher density (EG 1, average score: 10.40). However, we found no statistically significant effect of enrichment or reduced stocking density on the plumage condition. Zepp et al. (2018), who conducted behavioral observations during the aviary phase in this experiment, found that the pullets in EG 1 showed significantly more gentle and severe feather pecking than the pullets in EG 2 and EG 3, and those in EG 3 (with environmental enrichment and with a higher stocking density) showed significantly more severe feather pecking than those in EG 2. In addition, Zepp et al. (2018)

found a significant deteriorating effect of severe feather pecking on the plumage condition. It therefore seems that the plumage score system we used, even though single damaged feathers were counted on the body regions, was not precise enough to reflect these significant behavioral differences.

In both RP, two-thirds of the measured values of light intensity in the cages were below the recommended 20 lx (Lower Saxony State Office of Consumer Protection and Food Safety, 2013). Kjær and Vestergaard (1999) observed that laying hen pullets showed significantly more gentle feather pecking when the light intensity was low (3 lx) and 2 to 3 times higher rates of severe feather pecking when the light intensity was high (30 lx). As a result, the plumage condition was poorer at 30 lx than at 3 lx during the RP (Kjær and Vestergaard, 1999). Other authors also found a relationship between high light intensity during rearing or at the beginning of lay and the occurrence of feather pecking in pullets or young laying hens (Hughes and Duncan, 1972; Drake et al., 2010). In our study, the light intensity did not have an effect on the plumage quality.

Concerning the microclimate, the recommended temperature by Lohmann Tierzucht GmbH (2017) of 18 to 20°C from 5 wk of age could be maintained during RP 2 with an average temperature of 19.0°C in the housing system. During RP 1, the average temperature was 24.9°C. It was warmer because RP 1 took place in summer whereas RP 2 took place in winter. For pullets older than 4 wk of age, such high temperatures in the housing system during summer should be prevented with sufficient ventilation. Heat compromises the physiological thermoregulation, and heat stress results in immunosuppression and reduced production performance (amongst other consequences) in laying hens and broilers (Bartlett and Smith, 2003; Mashaly et al., 2004). The plumage triscore in RP 1 was lower than during RP 2. The regression model confirms the correlation between increased temperature and poorer plumage quality. Lambton et al. (2010) also observed that a prolonged warm climate leads to stress and a decrease in plumage condition in laying hens. In contrast, Green et al. (2000) documented that a temperature below 20°C in the housing system results in a higher risk of feather pecking.

During both RP, the plumage triscore decreased over time in all 3 EG (on average −0.21 score points per week). The plumage quality decreased relatively evenly during RP 2, whereas the decrease in RP 1 peaked around week 8 to week 12 and proceeded afterwards with a slight further decrease or even turned into an improvement of the plumage. A possible explanation for this development in RP 1 could be molt, but a more likely one is the high temperature in the housing system during this time. The average temperature documented during this time was 24.8°C (A3) and 32.0°C (A4). When the accelerated decrease in plumage quality had stopped (A5), 19.8°C was measured. Wechsler et al. (1998) described a sudden and strong increase

of feather pecking in week 4. Johnsen et al. (1998) observed that feather pecking peaked around the 7th week of age, but at the end of the RP with 18 wk, all birds showed an intact plumage. The author assumed this change was due to molt.

Skin Injuries

91% of the observed injuries had a size of ≤ 0.5 cm, which we interpret as a sign of pecking damage. Furthermore, the mainly injured body regions were the tail and the back, regions which are also affected by feather pecking (Zepp et al., 2018). Therefore, we assume the documented skin injuries are the result of cannibalistic pecking.

The 2 EG reared with environmental enrichment showed slightly less injured body regions (−0.02 injured body regions) than the EG without enrichment, but the statistical analysis could not prove a significant effect of environmental enrichment on body injuries. Huber-Eicher and Wechsler (1998) and Johnsen et al. (1998) noted that pullets reared with enrichment and provided with foraging materials showed fewer cannibalistic injuries during the RP than pullets without these provisions. The same effect was documented on young turkeys (Martrenchar et al., 2001). Analog to the effect on feather pecking, the missing litter in the first 4 wk of life probably increased the number of body injuries in our study. Pullets reared on wire instead of litter in the first 4 wk showed significantly more cannibalistic injuries during rearing than pullets reared on litter (Johnsen et al., 1998).

There are different opinions on whether a relationship exists between feather pecking and the incidence of cannibalistic injuries. Gunnarsson (1999) found no significant correlations between both behavioral disorders. Kjær and Vestergaard (1999) described that severe feather pecking could possibly develop into vent cannibalism. Other authors observed that the same housing conditions that result in an increase of feather pecking also result in an increase of cannibalistic injuries (Allen and Perry, 1975; Huber-Eicher and Wechsler, 1998) even though these 2 response variables originate from distinct behavioral patterns (Allen and Perry, 1975). The results of our study confirm these observations by showing a similar distribution of both plumage damage and body injuries in the different EG.

Other authors could not detect a significant effect of stocking density on damaging cannibalistic pecking in pullets and young laying hens (Hughes and Duncan, 1972). The statistical analysis in our study also did not show a significant effect.

A high light intensity during the RP can increase the occurrence of damaging pecking (Hughes and Duncan, 1972). Kjær and Vestergaard (1999) observed that a higher light intensity (30 vs. 3 lx) during rearing caused an increase in cannibalism during the laying but not during the RP. This is in accordance with our findings

that light intensity does not have an effect on skin injuries during rearing.

In RP 2, during which the recommended temperature of 18 to 20°C for pullets older than 4 wk of age (Lohmann Tierzucht GmbH, 2017) could be maintained, the pullets showed fewer body injuries per bird than in RP 1 with an average temperature of 24.9°C. The regression model showed a positive relationship between temperature increase and the number of injured body regions.

The occurrence of body injuries peaked around week 8 and week 12 in RP 2 and RP 1, respectively, and stabilized afterwards at a lower level. Johnsen et al. (1998) observed the same development but documented most of the injuries between the 4th and 7th week of age. Despite the mentioned occurrence of injuries on the body regions, we emphasize that the number of skin injuries in our study was altogether very low.

Head Injuries

The provision of enrichment had no significant effect on head injuries. In contrast, in adult laying hens, the access to environmental enrichment reduced the number of aggressive head pecks significantly (Gvoryahu et al., 1994; Jones et al., 2002). Jones et al. (2002) concluded that pecking at the enrichment devices prevents the hens from potentially injurious pecking at other birds. Regarding the stocking density, our statistical analysis could not find a significant effect on the number of head injuries. Some studies came to the same conclusion that aggressive head pecking was unaffected by the stocking density in laying hens (Cunningham and Gvoryahu, 1987; Carmichael et al., 1999). However, Ali and Cheng (1985) found that high stocking densities lead to an increase in comb damage.

Bodyweight and Bodyweight Uniformity

In general, neither the provision of environmental enrichment nor the different stocking densities had a significant effect on the bodyweight of the pullets. Obviously, the environmental enrichment devices did not serve as substitution for chicken feed. The pullets reared with enrichment must have consumed sufficient feed as the balanced bodyweights indicate. Our results support previous findings that stocking density has no significant effect on bodyweight in laying hens (Steenfeldt and Nielsen, 2015; Widowski et al., 2017). However, other studies found that a higher stocking density leads to a significantly lower bodyweight during rearing or during the laying period (Wells, 1972; Carey, 1987; Cunningham and Gvoryahu, 1987; Onbaşlar and Aksoy, 2005; Sarica et al., 2008). In our study, this effect seemed only to be true in week 17 when the reduced stocking density had a slight positive influence on the bodyweight. But this was not significant. A higher stocking density can be associated with a poorer food intake in lay-

ing hen pullets and adults and in other poultry (Carey, 1987; Cunningham and Gvoryahu, 1987; Thomas et al., 2004; Dozier et al., 2006; Nahashon et al., 2006). The mentioned studies came to different conclusions independent of the used ranges of stocking densities. Comparing the feeder space per bird and the daily feeding frequency with other studies does not give a conclusive indication on why the mentioned studies showed different results (Wells, 1972; Carey, 1987; Cunningham and Gvoryahu, 1987; Onbaşlar and Aksoy, 2005; Sarica et al., 2008; Steenfeldt and Nielsen, 2015; Widowski et al., 2017). Thus, there must have been other factors involved.

In our study, Unit 1 was the nearest to the ventilation fans and as a result the first units had a higher dust concentration as the air from the barn was sucked into their direction and into the ventilation fans. We found a significant correlation between rising dust concentration and the decrease of bodyweight. Willis et al. (1987) observed, in accordance with our results, that broilers reared in an environment with reduced dust concentration gained more weight than broilers reared with the prevalent dust concentration.

The provision of environmental enrichment or the reduced stocking density did not seem to have an impact on bodyweight uniformity. In the literature, different results on the effect of reduced stocking density on bodyweight uniformity can be found. Wells (1972), in accordance with our findings, could not detect significant differences in the bodyweight variation of the pullets between different stocking densities (5.4, 7.2, 10.8, 14.3 birds per m²). Widowski et al. (2017) did not observe an impact in laying hens (14.3 compared with 19.2 birds per m²). In contrast, Petek et al. (2010) found that the uniformity of broilers was significantly reduced at the highest stocking density (23 birds per m² compared with 15 and 19 birds per m²). The choice of stocking densities does not seem to be the reason for the contrasting results of the last-mentioned study. Instead, broilers that gain a lot of weight in a short period may be more sensitive to housing factors in terms of bodyweight gain compared with laying hens.

During the RP, the bodyweight uniformity of the pullets improved significantly with increasing age. According to Lohmann Tierzucht GmbH (2017), an average uniformity of 76.6 to 78.8% is moderate. The recommended value of at least 80% in week 15 to week 16, when uniformity is supposed to be at its highest level during rearing, was achieved in week 12, 13 (EG 2 and EG 3) and in week 17 in all 3 EG.

CONCLUSION

In our study, the positive impact of environmental enrichment was only significant in week 17 on the plumage condition, whereas the reduced stocking density never had a statistically significant effect on the occurrence of feather pecking or skin injuries. However, we found

reduced stocking density to have a slight positive effect on the plumage condition and enrichment to slightly reduce the number of injured body regions. A significant increase in plumage damage and in the number of injured body regions occurred in connection with increasing temperature in the housing system and increasing age of the pullets. Such welfare problems can be reduced with sufficient ventilation. Furthermore, in our study most of the injuries occurred in the 8th or 12th week of life. In this period, pullets should be supervised as a preventive measure. Due to the significant positive effect that environmental enrichment had on the prevention of feather damage in week 17 and its slight positive influence on skin injuries, its effect should be discussed. It remains to be evaluated if the impact of this kind of enrichment is in general limited. It is possible that the negative effect of missing litter at the beginning of the RP, resulting in an unsatisfied foraging and pecking behavior, outweighed any potentially positive effect of the provided enrichment devices. Additionally, a more detailed assessment system seems to be needed to identify the differences in the feather damage between the EG. The plumage score system we used was not able to reflect the significant differences in the damaging pecking behavior of the pullets in the 3 EG (Zepp et al., 2018). Possibly, the 2 stocking densities we used were too high to show a significant positive effect of reduced stocking density on animal welfare. The impact of densities lower than those we used, including values of <10 and >10 pullets per m², should be further researched. In summary, our study showed the importance of management arrangements adjusted to the pullets' age and concerning temperature in the housing system to ensure animal welfare of pullets. The influence of environmental enrichment and the reduction of the stocking density need to be discussed and further researched to clearly identify their impact.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to express our thanks to the farm manager for the helpful assistance during this study, to Franziska Helmer and Miriam Zepp for their dedicated support during data collection, to the company VitaVis GmbH (Münster, Germany) for the provision of the pecking blocks and to Verena Lietze (www.biosciencetranslation.com) for the scientific language editing.

FUNDING

This project was funded by the Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection through the Bavarian Health and Food Safety Authority (Az. K3-2533-PN 14-25).

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest regarding any financial, personal, or other relationships with other people or organizations that could inappropriately influence or be perceived to influence this study.

ETHICAL STATEMENT

The study was approved by the Animal Ethics Committee of the LMU Munich. The work described in this article with research on live animals met the guidelines of the institutional animal care and use committee (IACUC).

REFERENCES

- Ali, A., and K. M. Cheng. 1985. Early egg production in genetically blind (rc/rc) chickens in comparison with sighted (Rc+/rc) controls. *Poult. Sci.* 64:789–794.
- Allen, J., and G. C. Perry. 1975. Feather pecking and cannibalism in a caged layer flock. *Br. Poult. Sci.* 16:441–451.
- Bartlett, J. R., and M. O. Smith. 2003. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poult. Sci.* 82:1580–1588.
- Bestman, M., P. Koene, and J.-P. Wagenaar. 2009. Influence of farm factors on the occurrence of feather pecking in organic reared hens and their predictability for feather pecking in the laying period. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 121:120–125.
- Bilcik, B., and L. J. Keeling. 1999. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 40:444–451.
- Blokhuis, H. J., and J. G. Arkes. 1984. Some observations on the development of feather-pecking in poultry. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 12:145–157.
- Blokhuis, H. J., and J. W. Van Der Haar. 1989. Effects of floor type during rearing and of beak trimming on ground pecking and feather pecking in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 22:359–369.
- Carey, J. B. 1987. Effects of pullet–stocking density on performance of laying hens. *Poult. Sci.* 66:1283–1287.
- Carmichael, N. L., W. Walker, and B. O. Hughes. 1999. Laying hens in large flocks in a perchery system: influence of stocking density on location, use of resources and behaviour. *Br. Poult. Sci.* 40:165–176.
- Cunningham, D. L., and G. Gvoryahu. 1987. Effects on productivity and aggressive behavior of laying hens of solid versus wire cage partitions and bird density. *Poult. Sci.* 66:1583–1586.
- Damme, K., and F. Pirchner. 1984. Genetische Unterschiede in der Befiederung von Legehennen und Beziehungen zu Produktionsmerkmalen. *Arch. Geflügelkd.* 48:215–222.
- Davami, A., M. J. Wineland, W. T. Jones, R. L. Ilardi, and R. A. Peterson. 1987. Effects of population size, floor space, and feeder space upon productive performance, external appearance, and plasma corticosterone concentration of laying hens. *Poult. Sci.* 66:251–257.
- Dozier, W. A., 3rd, J. P. Thaxton, J. L. Purswell, H. A. Olanrewaju, S. L. Branton, and W. B. Roush. 2006. Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poult. Sci.* 85:344–351.
- Drake, K. A., C. A. Donnelly, and M. Stamp Dawkins. 2010. Influence of rearing and lay risk factors on propensity for feather damage in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 51:725–733.
- Gentle, M. J., and L. N. Hunter. 1991. Physiological and behavioural responses associated with feather removal in *Gallus gallus* var domesticus. *Res. Vet. Sci.* 50:95–101.
- German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals. 2006. Amended and promulgated on August 22nd, 2006, last changed on June 30th, 2017. *Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur*

- Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung; Tierschutz–Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutztV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die durch Artikel 3 Absatz 2 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147) geändert worden ist. Accessed Jan. 2019. <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html>.
- Gilani, A.-M., T. G. Knowles, and C. J. Nicol. 2013. The effect of rearing environment on feather pecking in young and adult laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 148:54–63.
- Green, L. E., K. Lewis, A. Kimpton, and C. J. Nicol. 2000. Cross-sectional study of the prevalence of feather pecking in laying hens in alternative systems and its associations with management and disease. *Vet. Rec.* 147:233–238.
- Guesdon, V., A. M. H. Ahmed, S. Mallet, J. M. Faure, and Y. Nys. 2006. Effects of beak trimming and cage design on laying hen performance and egg quality. *Br. Poult. Sci.* 47:1–12.
- Gunnarsson, S. 1999. Effect of rearing factors on the prevalence of floor eggs, cloacal cannibalism and feather pecking in commercial flocks of loose housed laying hens. *Br. Poult. Sci.* 40:12–18.
- Gunnarsson, S. 2000. Laying hens in loose housing systems: Clinical, ethological and epidemiological aspects. PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Sweden.
- Gvaryahu, G., E. Ararat, E. Asaf, M. Lev, J. I. Weller, B. Robinson, and N. Snapir. 1994. An enrichment object that reduces aggressiveness and mortality in caged laying hens. *Physiol. Behav.* 55:313–316.
- Hansen, I., and B. O. Braastad. 1994. Effect of rearing density on pecking behaviour and plumage condition of laying hens in two types of aviary. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 40:263–272.
- Hartcher, K. M., K. T. N. Tran, S. J. Wilkinson, P. H. Hemsworth, P. C. Thomson, and G. M. Cronin. 2015. The effects of environmental enrichment and beak-trimming during the rearing period on subsequent feather damage due to feather-pecking in laying hens. *Poult. Sci.* 94:852–859.
- Helmer, F. L. 2017. Der Einfluss verschiedener Besatzdichten und Enrichmentmaßnahmen auf die Verhaltensentwicklung von Junghennen während der Haltung im Volierenblock. Diss. med. vet. Ludwig-Maximilians-University, Munich, Germany. Accessed Jan. 2019. <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/21210/>.
- Hoffmeyer, I. 1969. Feather pecking in pheasants—an ethological approach to the problem. *Dan. Rev. Game Biol.* 6:1–36.
- Honaker, J., G. King, and M. Blackwell. 2011. Amelia II: a program for missing data. *J. Stat. Soft.* 45:1–47. Accessed Jan. 2019. <http://www.jstatsoft.org/v45/i07/>.
- Huber-Eicher, B., and L. Audigé. 1999. Analysis of risk factors for the occurrence of feather pecking in laying hen growers. *Br. Poult. Sci.* 40:599–604.
- Hughes, B. O., and I. J. H. Duncan. 1972. The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. *Br. Poult. Sci.* 13:525–547.
- Huber-Eicher, B., and B. Wechsler. 1998. The effect of quality and availability of foraging materials on feather pecking in laying hen chicks. *Anim. Behav.* 55:861–873.
- Johnsen, P. F., K. S. Vestergaard, and G. Nørgaard-Nielsen. 1998. Influence of early rearing conditions on the development of feather pecking and cannibalism in domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 60:25–41.
- Jones, R. B., T. M. McAdie, C. McCorquodale, and L. J. Keeling. 2002. Pecking at other birds and at string enrichment devices by adult laying hens. *Br. Poult. Sci.* 43:337–343.
- Keeling, L. J. 1994. Feather pecking—who in the group does it, how often and under what circumstances. *Proceedings of the 9th European Poultry Conference, Glasgow.* 288–289.
- Kjær, J. B., and K. S. Vestergaard. 1999. Development of feather pecking in relation to light intensity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62:243–254.
- Lambton, S. L., T. G. Knowles, C. Yorke, and C. J. Nicol. 2010. The risk factors affecting the development of gentle and severe feather pecking in loose housed laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 123:32–42.
- Lee, H.-Y., and J. V. Craig. 1991. Beak trimming effects on behavior patterns, fearfulness, feathering, and mortality among three stocks of White Leghorn pullets in cages or floor pens. *Poult. Sci.* 70:211–221.
- Leeson, S., and W. D. Morrison. 1978. Effect of feather cover on feed efficiency in laying birds. *Poult. Sci.* 57:1094–1096.
- Lohmann Tierzucht GmbH. 2017. Management Guide Alternative Haltung (05/2017). Lohmann Tierzucht GmbH, Cuxhaven, Germany. Accessed April 2018. <https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/management-guides/de/Legehennen/Alternativ/LTZ-MG-AlternHaltung-DE.pdf>.
- Lower Saxony State Office of Consumer Protection and Food Safety. 2013. Recommendations on the prevention of feather pecking and cannibalism in order to forgo beak-trimming in pullets and laying hens. Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES), Oldenburg, Germany. Empfehlungen zur Verhinderung von Federpicken und Kannibalismus zum Verzicht auf Schnabelkürzen bei Jung- und Legehennen.
- Martrenchar, A., D. Huonnic, and J. P. Cotte. 2001. Influence of environmental enrichment on injurious pecking and perching behaviour in young turkeys. *Br. Poult. Sci.* 42:161–170.
- Mashaly, M. M., G. L. Hendricks, 3rd, M. A. Kalama, A. E. Gehad, A. O. Abbas, and P. H. Patterson. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poult. Sci.* 83:889–894.
- McAdie, T. M., L. J. Keeling, H. J. Blokhuis, and R. B. Jones. 2005. Reduction in feather pecking and improvement of feather condition with the presentation of a string device to chickens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 93:67–80.
- McShane, B. B., and D. Gal. 2017. Statistical significance and the dichotomization of evidence. *J. Am. Statist. Assoc.* 112:885–895.
- Nahashon, S. N., N. A. Adefoye, A. Amenyonu, and D. Wright. 2006. Laying performance of pearl gray guinea fowl hens as affected by caging density. *Poult. Sci.* 85:1682–1689.
- Nicol, C. J., N. G. Gregory, T. G. Knowles, I. D. Parkman, and L. J. Wilkins. 1999. Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65:137–152.
- Onbaşlılar, E. E., and F. T. Aksoy. 2005. Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. *Livestock Prod. Sci.* 95:255–263.
- Petek, M., R. Çibik, H. Yıldız, F. A. Sonat, S. S. Gezen, A. Orman, and C. Aydın. 2010. The influence of different lighting programs, stocking densities and litter amounts on the welfare and productivity traits of a commercial broiler line. *Vet. Med. Zoot.* 51:36–43.
- R Core Team. 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Accessed Jan. 2018. <https://www.R-project.org/>.
- Sanotra, G. S., K. S. Vestergaard, J. F. Agger, and L. G. Lawson. 1995. The relative preferences for feathers, straw, wood-shavings and sand for dustbathing, pecking and scratching in domestic chicks. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 43:263–277.
- Sarica, M., S. Boga, and U. S. Yamak. 2008. The effects of space allowance on egg yield, egg quality and plumage condition of laying hens in battery cages. *Czech J. Anim. Sci.* 53:345–353.
- Savory, C. J. 1995. Feather pecking and cannibalism. *Worlds Poult. Sci. J.* 51:215–219.
- Steenfeldt, S., and B. L. Nielsen. 2015. Welfare of organic laying hens kept at different indoor stocking densities in a multi-tier aviary system. II: live weight, health measures and perching. *Animal* 9:1518–1528.
- Sun, Y., E. D. Ellen, H. K. Parmentier, and J. J. van der Poel. 2013. Genetic parameters of natural antibody isotypes and survival analysis in beak-trimmed and non-beak-trimmed crossbred laying hens. *Poult. Sci.* 92:2024–2033.
- Sun, Y., E. D. Ellen, J. J. van der Poel, H. K. Parmentier, and P. Bijma. 2014. Modelling of feather pecking behavior in beak-trimmed and non-beak-trimmed crossbred laying hens: variance component and trait-based approach. *Poult. Sci.* 93:773–783.
- Tahamtani, F. M., M. Brantsæter, J. Nordgreen, E. Sandberg, T. B. Hansen, A. Nødtvedt, T. B. Rodenburg, R. O. Moe, and A.

- M. Janczak. 2016. Effects of litter provision during early rearing and environmental enrichment during the production phase on feather pecking and feather damage in laying hens. *Poult. Sci.* 95:2747–2756.
- Tauson, R., and P. Abrahamsson. 1994. Foot and skeletal disorders in laying hens: effects of perch design, hybrid, housing system and stocking density. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 44:110–119.
- Tauson, R., J. Kjær, G. A. Maria, R. Cepero, and K.-E. Holm. 2005. Applied scoring of integument and health in laying hens. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 23:153–159.
- Thomas, D. G., V. Ravindran, D. V. Thomas, B. J. Camden, Y. H. Cottam, P. C. H. Morel, and C. J. Cook. 2004. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics and selected welfare indicators of broiler chickens. *NZ Vet. J.* 52:76–81.
- Vestergaard, K. S., and E. Baranyiová. 1996. Pecking and scratching in the development of dust perception in young chicks. *Acta Vet. Brno* 65:133–142.
- Vestergaard, K. S., J. P. Kruijt, and J. A. Hogan. 1993. Feather pecking and chronic fear in groups of red junglefowl: their relations to dustbathing, rearing environment and social status. *Anim. Behav.* 45:1127–1140.
- Vestergaard, K. S., and L. Lisborg. 1993. A model of feather pecking development which relates to dustbathing in the fowl. *Behaviour* 126:291–308.
- Wasserstein, R. L., and N. A. Lazar. 2016. The ASA's statement on p-values: context, process, and purpose. *Am. Statistic.* 70:129–133.
- Wechsler, B., B. Huber-Eicher, and D. R. Nash. 1998. Feather pecking in growers: a study with individually marked birds. *Br. Poult. Sci.* 39:178–185.
- Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® Assessment Protocol for Poultry (Broilers, Laying Hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Wells, R. G. 1972. The effect of varying stocking density on the development and subsequent laying performance of floor-reared pullets. *Br. Poult. Sci.* 13:13–25.
- Widowski, T. M., L. J. Caston, M. E. Hunniford, L. Cooley, and S. Torrey. 2017. Effect of space allowance and cage size on laying hens housed in furnished cages, Part I: performance and well-being. *Poult. Sci.* 96:3805–3815.
- Willis, W. L., M. D. Ouart, and C. L. Quarles. 1987. Effect of an evaporative cooling and dust control system on rearing environment and performance of male broiler chickens. *Poult. Sci.* 66:1590–1593.
- Zepp, M., H. Louton, M. Erhard, P. Schmidt, F. Helmer, and A. Schwarzer. 2018. The influence of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive pecking behavior in laying hen chicks. *J. Vet. Behav.* 24:9–18.

V. ERWEITERTE STUDIENERGEBNISSE

1. Brustbeingesundheit

Die Untersuchung und Auswertung der Brustbeingesundheit ergab, dass die meisten der bonitierten Junghennen (94,9%) keine Brustbeinveränderung aufwiesen (Score 4). Bei 5,0% der Tiere wurde eine geringgradige Veränderung festgestellt (Score 3), bei 0,1% eine hochgradige (Score 2). Aufgrund der seltenen Ausprägung von Score 2, wurde dieser mit Score 3 kombiniert und in der statistischen Regressionsanalyse wurde der Fokus folglich darauf gelegt, ob irgendeine Veränderung am Brustbein festgestellt wurde oder nicht. Die deskriptiven Zahlen zeigen, dass die Tiere in UG 1, die ohne Beschäftigungsmaterial aufgezogen wurden, im Durchschnitt etwas weniger Veränderungen am Brustbein aufwiesen (4,2%), als die anderen beiden Gruppen (5,3% in UG 2; 5,7% in UG 3) (Tabellen III und IV im Anhang, Abbildung 4). Allerdings ist dieser Zusammenhang statistisch nicht signifikant, wie Abbildung 5 zeigt.

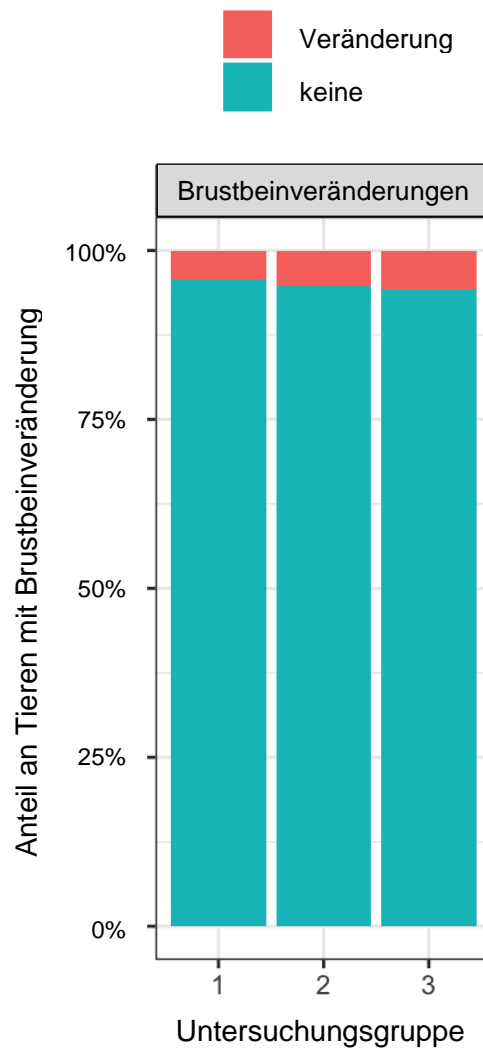


Abbildung 4: Der prozentuale Anteil an Brustbeinveränderungen in den einzelnen Untersuchungsgruppen. Dargestellt sind die Durchschnittswerte aus beiden Durchgängen von Lebenswoche 3 bis 17. $n = 1500$ pro Untersuchungsgruppe.

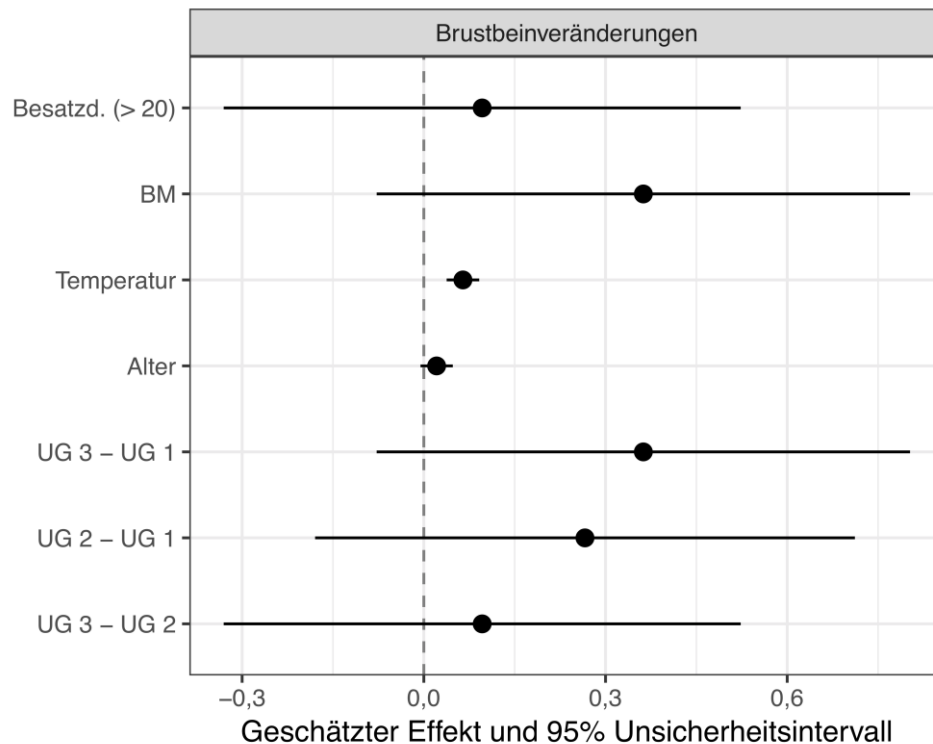


Abbildung 5: Geschätzter Effekt und 95% Unsicherheitsintervall ausgewählter Einflussgrößen auf die Zielgröße Brustbeinveränderungen. Der geschätzte Effekt ist als Kreis dargestellt, das Unsicherheitsintervall (UI) als Linie. Wenn alle Werte des UI entweder positiv oder negativ sind, dann ist dieser Effekt signifikant positiv bzw. negativ. Je weiter das UI ist, desto ungenauer ist die Schätzung. Die Stärke des Effekts kann anhand der Entfernung zur Nulllinie abgelesen werden. $n = 4500$ bei jeder Schätzung. Besatzd. (>20) = Besatzdichte mit mehr als 20 Junghennen pro m^2 , BM = Beschäftigungsmaterial, UG = Untersuchungsgruppe.

Die Höhe der Besatzdichte schien keinen Einfluss auf die Brustbeingesundheit gehabt zu haben (Tabelle V im Anhang). Jedoch nahm die Anzahl an Brustbeinveränderungen signifikant mit steigender Stalltemperatur zu (Regressionskoeffizient: 0,07; 95% Unsicherheitsintervall: 0,04 bis 0,09) (Abbildung 5). Bezüglich des Alters konnte kein Zusammenhang festgestellt werden (Abbildungen 5 und 6). Allerdings konnten hochgradige Brustbeinveränderungen (Score 2) erst ab LW 12 festgestellt werden (Tabelle VI im Anhang).

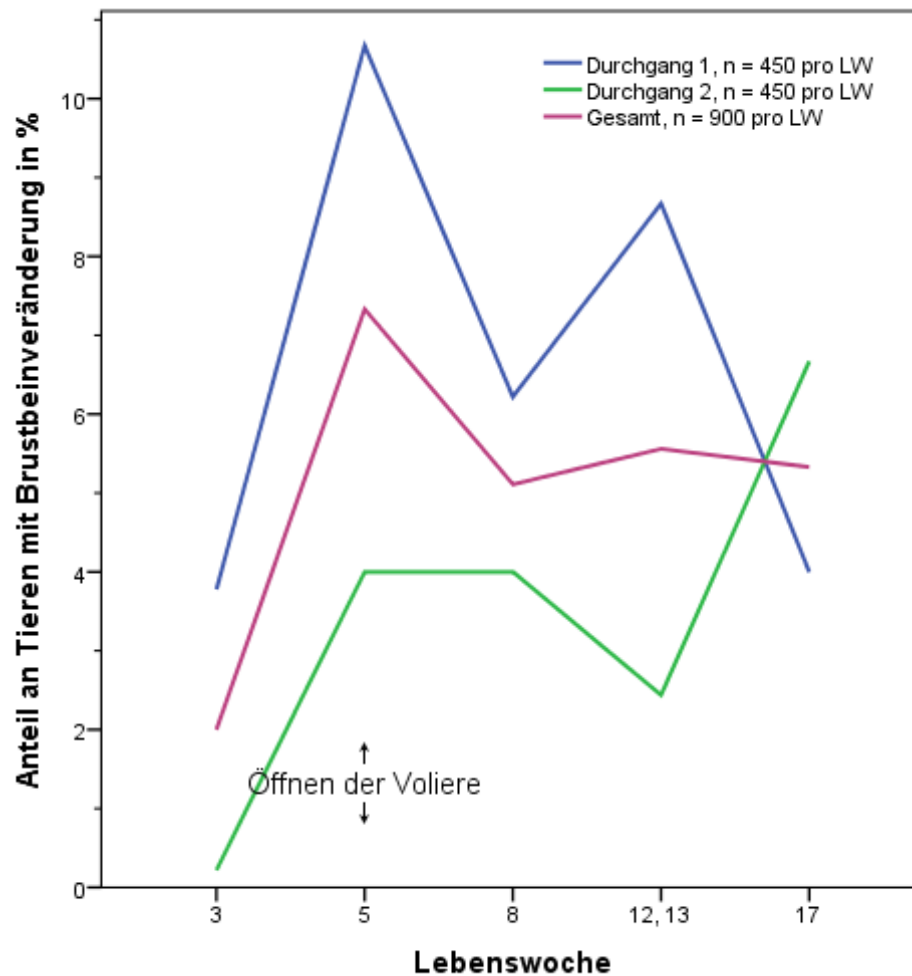


Abbildung 6: Die Häufigkeit von Brustbeinveränderungen im Verlauf der einzelnen Lebenswochen. Der prozentuale Anteil an Tieren mit Brustbeinveränderungen dargestellt für jeden Durchgang einzeln und für beide Durchgänge kombiniert. LW = Lebenswoche.

Abbildung 7 zeigt, dass die Junghennen in DG 1 insgesamt mehr Brustbeinveränderungen aufwiesen als in DG 2, sogar annähernd doppelt so viele, und es konnten bereits in den ersten beiden UZR sehr hohe Zahlen an betroffenen Tieren festgestellt werden (siehe auch Abbildung 6, Tabelle VI im Anhang). Die Anzahl an hochgradigen Veränderungen (Score 2) war nahezu gleich in beiden Durchgängen.

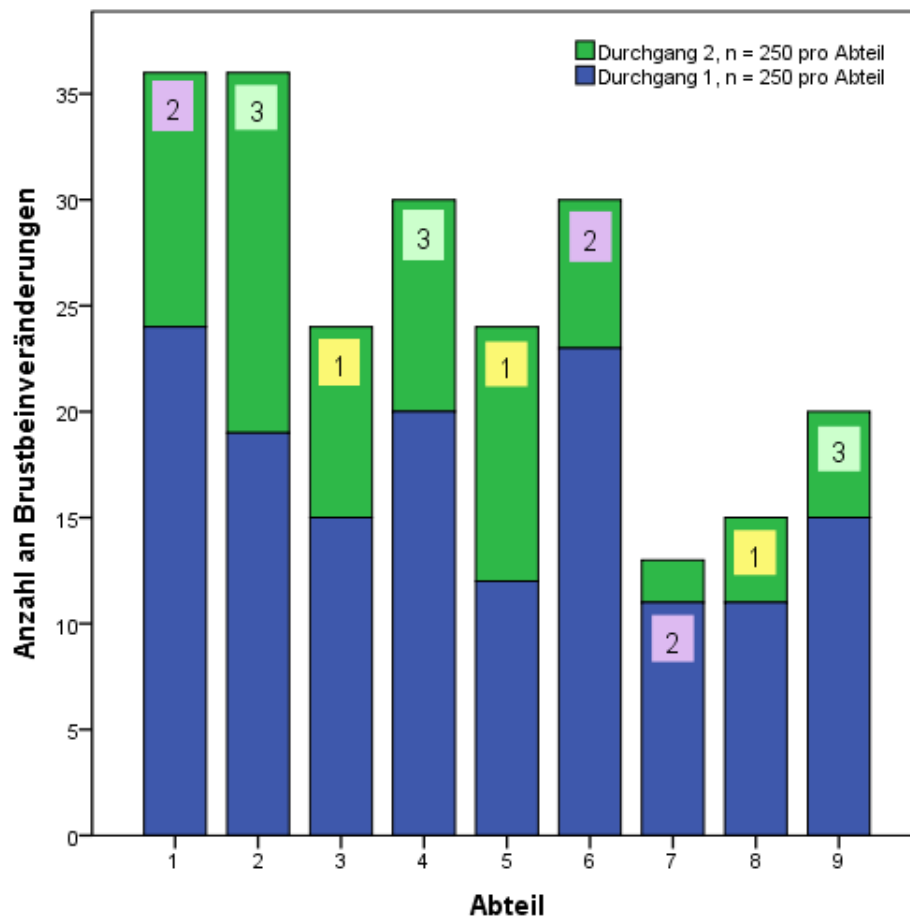


Abbildung 7: Die Anzahl an Brustbeinveränderungen in den einzelnen Abteilen in Durchgang 1 und 2. Dargestellt sind die absoluten Zahlen der Brustbeinveränderungen, die jeweils von Lebenswoche 3 bis 17 festgestellt wurden. In den farbigen Kästen auf jedem Balken ist die Nummer der Untersuchungsgruppe (1–3) des jeweiligen Abteils angegeben.

2. Fußgesundheits

2.1. Fußballläsionen

Bei der Bewertung der Fußballengesundheit wurden von den vier möglichen Scores lediglich zwei festgestellt: Score 4 (keine Fußballläsion) und Score 3 (geringgradige Läsion). Insgesamt hatten nur 1,2% der untersuchten Tiere eine geringgradige Ausprägung, 98,8% waren nicht betroffen. In UG 1 waren mit 0,3% die wenigsten Tiere betroffen. In UG 3 war der Prozentsatz an dokumentierten Fußballläsionen geringfügig höher (0,9%), in UG 2 hingegen wurde die siebenfache Anzahl im Vergleich zu UG 1 festgestellt (2,3%) (Tabelle III im Anhang, Abbildung 8). Wie Abbildung 9 zeigt, ist dieser Gruppenunterschied zwischen UG 2 und UG 1 signifikant (Regressionskoeffizient: 1,89; 95% Unsicherheitsintervall: 0,67 bis 3,11). Bezüglich Besatzdichte und Beschäftigungsmaterial konnte kein signifikanter statistischer Zusammenhang mit dem Auftreten von Fußballläsionen festgestellt werden (Tabellen IV und V im Anhang, Abbildung 9).

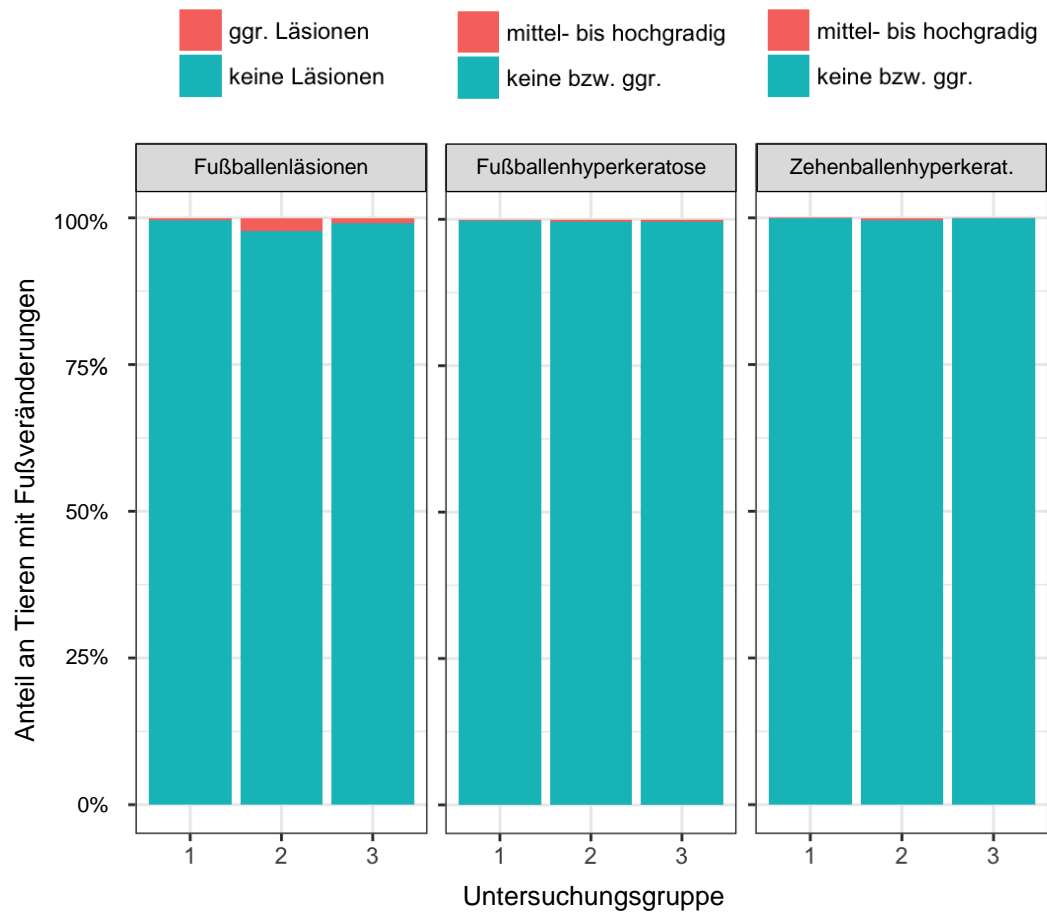


Abbildung 8: Der prozentuale Anteil an Fußveränderungen in den einzelnen Untersuchungsgruppen. Dargestellt sind die Durchschnittswerte aus beiden Durchgängen von Lebenswoche 3 bis 17. n = 1500 pro Untersuchungsgruppe. Ggr. = geringgradig, Zehenballenhyperkerat. = Zehenballenhyperkeratose.

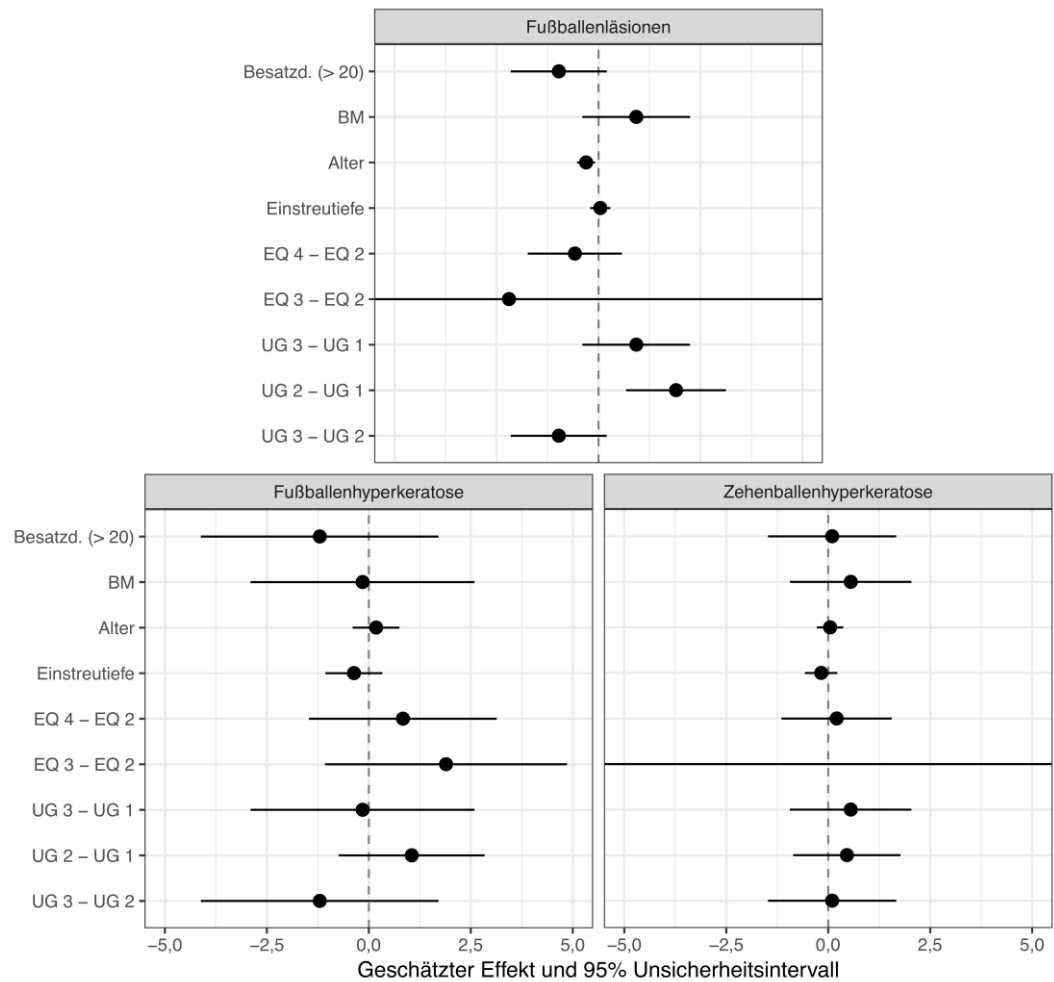


Abbildung 9: Geschätzter Effekt und 95% Unsicherheitsintervall ausgewählter Einflussgrößen auf die Zielgrößen Fußballläsionen, Fußballhyperkeratose und Zehenballenhyperkeratose. Der geschätzte Effekt ist als Kreis dargestellt, das Unsicherheitsintervall (UI) als Linie. Wenn alle Werte des UI entweder positiv oder negativ sind, dann ist dieser Effekt signifikant positiv bzw. negativ. Je weiter das UI ist, desto ungenauer ist die Schätzung. Die Stärke des Effekts kann anhand der Entfernung zur Nulllinie abgelesen werden. $n = 4500$ bei jeder Schätzung. Besatzd. (>20) = Besatzdichte mit mehr als 20 Junghennen pro m^2 , BM = Beschäftigungsmaterial, EQ = Einstreuqualität, UG = Untersuchungsgruppe.

Das Alter der Junghennen wiederum hatte einen signifikanten Einfluss: mit zunehmenden Alter sank die Zahl an Fußballenläsionen (Regressionskoeffizient: $-0,31$; 95% Unsicherheitsintervall: $-0,52$ bis $-0,10$) (Abbildungen 9 und 10). Zudem stellte sich heraus, dass 76% der dokumentierten Fußballenläsionen in den ersten beiden UZR festgestellt wurden und fast alle Auffälligkeiten (96%) während DG 1 dokumentiert wurden.

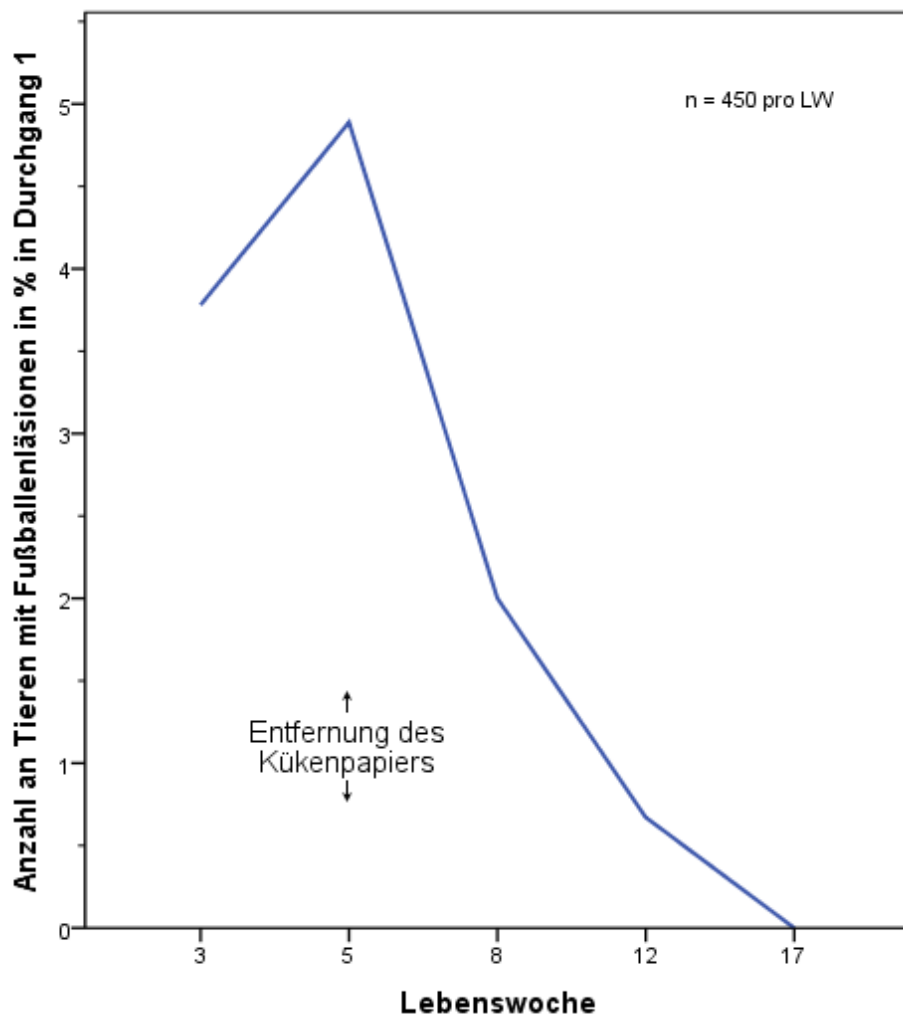


Abbildung 10: Die Häufigkeit von Fußballenläsionen in Durchgang 1 im Verlauf der einzelnen Lebenswochen. Dargestellt ist hier der prozentuale Anteil an Tieren mit Fußballenläsionen. Durchgang 2 wurde nicht graphisch dargestellt, da hier lediglich zwei Fußballenläsionen festgestellt wurden. LW = Lebenswoche.

In Abbildung 11 ist dargestellt, dass die meisten Fälle von Fußballenläsionen, die in UG 2 festgestellt wurden, in Abteil 1 auftraten (siehe auch Tabelle VII im Anhang). Hier wurden 66% aller Auffälligkeiten innerhalb dieser Untersuchungsgruppe registriert und die einzigen Fälle von Fußballenläsionen überhaupt im gesamten 2. DG.

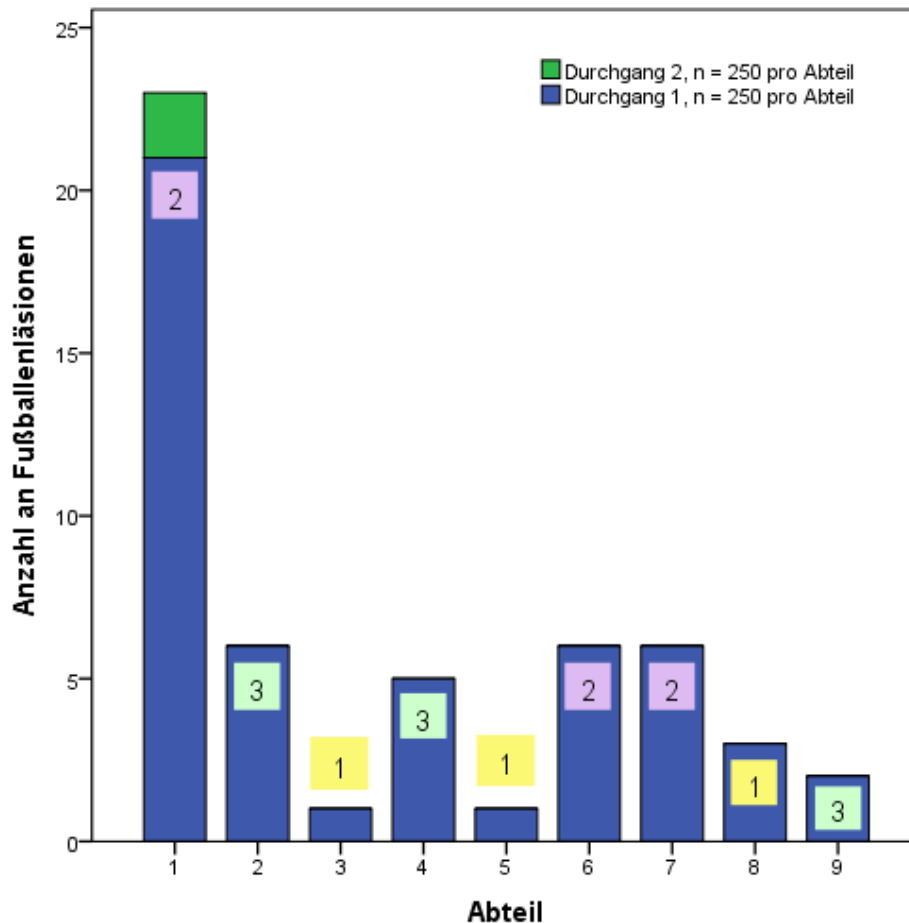


Abbildung 11: Die Anzahl an Fußballenläsionen in den einzelnen Abteilen in Durchgang 1 und 2. Dargestellt sind die absoluten Zahlen der Fußballenläsionen, die jeweils von Lebenswoche 3 bis 17 festgestellt wurden. In den farbigen Kästen auf jedem Balken ist die Nummer der Untersuchungsgruppe (1–3) des jeweiligen Abteils angegeben.

2.2. Fußballenhyperkeratose

Insgesamt hatten 99,6% aller untersuchten Junghennen keine Fußballenhyperkeratose oder nur eine geringgradige Ausprägung (Score 0). Lediglich 0,4% hatten eine mittel- oder hochgradige Form davon (Score 1). Daran ist zu sehen, dass die Zahl der betroffenen Tiere generell sehr klein war und auch Gruppenunterschiede waren kaum vorhanden. In UG 1 und UG 3 hatten jeweils 0,3% eine mittel- oder hochgradige Fußballenhyperkeratose, in UG 2 waren es 0,5% (Tabelle III im Anhang, Abbildung 8). Weder die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial, noch die Reduzierung der Besatzdichte hatte einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Hyperkeratose an den Fußballen (Tabellen IV und V im Anhang, Abbildung 9). Auch gibt es keinen Zusammenhang mit dem Alter der Junghennen. Die Verteilung der einzelnen festgestellten Fußballenhyperkeratosen ist recht gleichmäßig und zeigt keine besonderen Auffälligkeiten (Tabelle VIII im Anhang).

2.3. Zehenballenhyperkeratose

Von allen untersuchten Tieren wiesen 99,8% keine oder nur eine geringgradige Zehenhyperkeratose auf (Score 0). Bei 0,2% der Junghennen wurde eine mittel- oder hochgradige Ausprägung (Score 1) festgestellt. Die Anzahl an Tieren, die von einer Zehenballenhyperkeratose betroffen waren, war generell sehr niedrig und es gab kaum Gruppenunterschiede. In UG 1 und UG 3 waren 0,1% der Tiere betroffen, in UG 2 waren es 0,4% (Tabelle III im Anhang, Abbildung 8). Weder Beschäftigungsmaterial, noch die Besatzdichte oder eine andere Einflussgröße hatte einen signifikanten Effekt auf die Entstehung von Zehenballenhyperkeratose (Tabellen IV und V im Anhang, Abbildung 9). Die wenigen Fälle, die festgestellt

wurden, verteilen sich relativ gleichmäßig auf die einzelnen Abteile und über die beiden Durchgänge (Tabelle IX im Anhang).

3. Schnabel- und Krallenlänge

Die Länge der Schnäbel und Krallen, die beim jeweils letzten Betriebsbesuch gemessen wurden, wiesen keinerlei Gruppenunterschiede auf, wie Abbildung 12 veranschaulicht. In allen drei Untersuchungsgruppen betrug die durchschnittliche Schnabellänge in der 17. LW 2,3 cm und die Krallenlänge 1,5 cm. Das bedeutet, dass weder das Beschäftigungsmaterial, noch die Besatzdichte einen Einfluss auf die Abnutzung der Schnäbel oder Krallen hatte (Abbildung 13).

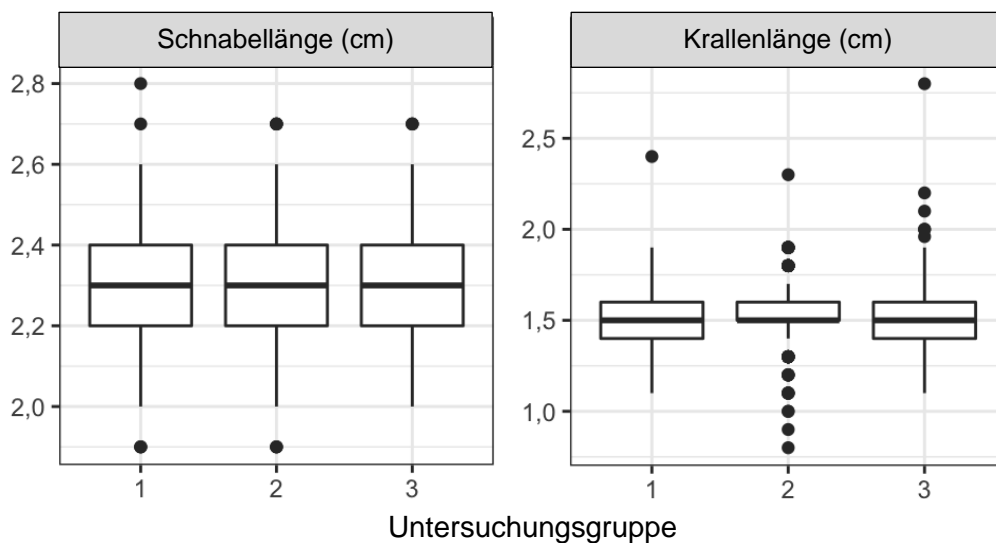


Abbildung 12: Die Schnabel- und Krallenlänge in cm in den einzelnen Untersuchungsgruppen. Dargestellt sind die Durchschnittswerte aus beiden Durchgängen in Lebenswoche 17. n = 300 pro Untersuchungsgruppe.

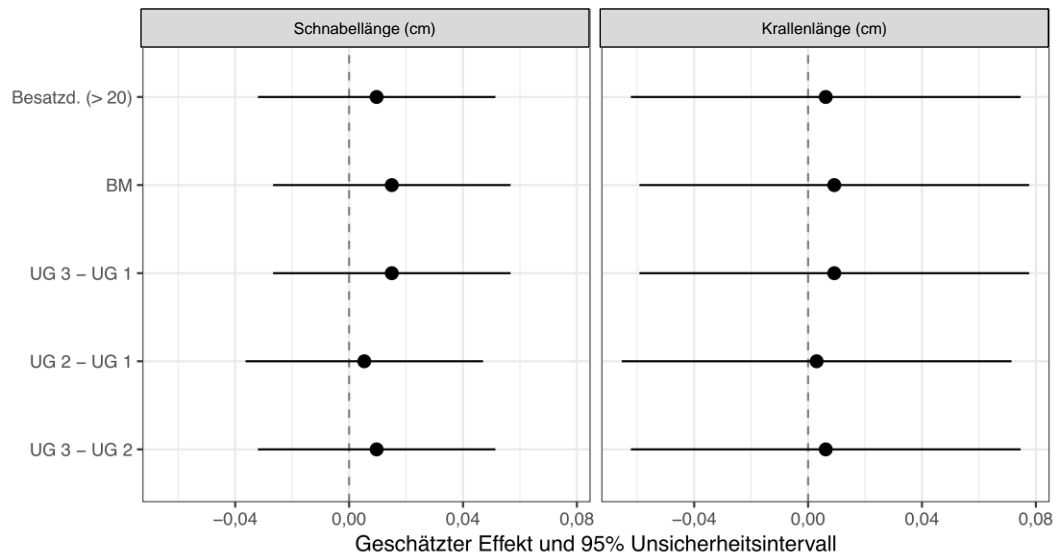


Abbildung 13: Geschätzter Effekt und 95% Unsicherheitsintervall ausgewählter Einflussgrößen auf die Zielgrößen Schnabellänge und Krallenlänge. Der geschätzte Effekt ist als Kreis dargestellt, das Unsicherheitsintervall (UI) als Linie. Wenn alle Werte des UI entweder positiv oder negativ sind, dann ist dieser Effekt signifikant positiv bzw. negativ. Je weiter das UI ist, desto ungenauer ist die Schätzung. Die Stärke des Effekts kann anhand der Entfernung zur Nulllinie abgelesen werden. $n = 900$ bei jeder Schätzung. Besatzd. (>20) = Besatzdichte mit mehr als 20 Junghennen pro m^2 , BM = Beschäftigungsmaterial, UG = Untersuchungsgruppe.

VI. ERWEITERTE DISKUSSION

1. Brustbeingesundheit

In der deskriptiven Auswertung war der prozentuale Anteil an Brustbeinveränderungen in den Untersuchungsgruppen mit Beschäftigungsmaterial leicht erhöht (um 1,3%) im Vergleich zu UG 1, wo den Tieren keine Beschäftigungsmaterialien zur Verfügung standen. Allerdings waren weder diese Gruppenunterschiede noch der Zusammenhang zwischen Brustbeindeformationen und dem Einsatz von Beschäftigungsmaterial statistisch signifikant. Dies war auch nicht unbedingt zu erwarten, dennoch gab es die Überlegung, ob die Bereitstellung von Pickblöcken, Picksteinen und Luzerneballen die Anzahl an Brustbeinveränderungen möglicherweise erhöhen könnte, dadurch dass die Junghennen die Beschäftigungsmaterialien anfliegen oder dort aufprallen nach einem Absturz und sich dabei daran verletzen könnten. Aber offensichtlich war dies nicht der Fall oder zumindest nicht in einem Umfang, der statistisch belegbar war.

Auch die Unterschiede in der Besatzdichte haben sich in unserer Studie nicht signifikant auf das Auftreten von Veränderungen am Brustbein ausgewirkt. HABIG und DISTL (2013) kommen in ihrer Arbeit zu dem gleichen Ergebnis, allerdings ist der Unterschied in den dort verwendeten Besatzdichten sehr gering (11 Hennen pro m² gegenüber 12 Hennen pro m²). WIDOWSKI et al. (2017) beobachteten Legehennen, die mit 13,4 Hennen pro m² oder 19,2 Hennen pro m² gehalten wurden und konnten ebenfalls keine Unterschiede im Zustand der Brustbeine feststellen. WILKINS et al. (2011) gehen hingegen davon aus, dass es bei einer höheren Besatzdichte eher zu einer Kollision mit einem Hindernis

kommen kann. Und möglicherweise führt das verminderte Platzangebot auf Sitzstangen aufgrund einer höheren Besatzdichte dazu, dass die Tiere ihre Position auf der Sitzstange schlechter verändern können und es dadurch zu einem erhöhten Druck auf das Brustbein und folglich auch zu mehr Brustbeinläsionen kommt (TAUSON und ABRAHAMSSON, 1994). STAACK et al. (2009) stellten fest, dass Legehennen, die am Ende der Aufzuchtperiode mit einer Besatzdichte von maximal 9 Junghennen pro m² gehalten werden, während der Legeperiode seltener von Brustbeinveränderungen betroffen sind. Es könnte sein, dass in unserer Studie selbst die niedrige Besatzdichte, die verwendet wurde, generell zu hoch war, um einen signifikanten positiven Einfluss von einer reduzierten Besatzdichte auf die Brustbeingesundheit zeigen zu können. Möglicherweise gibt es eine Schwelle, die bei unter 10 Tieren pro m² liegt, die eine verbesserte Tiergesundheit ermöglicht, vergleichbar mit der positiven Auswirkung von <10 Tieren pro m² auf das Auftreten von Federpicken während der Aufzucht (WELLS, 1972; HANSEN und BRAASTAD, 1994; HUBER-EICHER und AUDIGÉ, 1999).

Generell war die Häufigkeit von Brustbeinveränderungen recht gering in unserer Studie. STAACK et al. (2009) stellten in ihrer Studie bei 10,4% der Junghennen in der 16.–18. LW eine Veränderung am Brustbein fest. In unserer Studie waren insgesamt 5,1% der Tiere betroffen bzw. in LW 17 waren es 5,3%. In einer anderen Untersuchung wurden in LW 15 bei lediglich 0,8% der Junghennen eine Brustbeindeformation festgestellt (FLEMING et al., 2004). Allerdings wurde hier bei der histologischen Untersuchung in allen Fällen Frakturkallus und Knochenneubildung nachgewiesen, was für mittel- und hochgradige Brustbeinveränderungen spricht (SCHOLZ et al., 2008). Wir konnten in einem

vergleichbaren Zeitraum bei 0,2% (LW 12, 13) bzw. 0,3% (LW 17) der Tiere höhergradige Deformationen beobachten.

Die Anzahl an Brustbeinveränderungen nahm mit steigender Stalltemperatur signifikant zu, was auch erklärt, warum in DG 1 annähernd doppelt so viele Veränderungen festgestellt wurden. Denn die durchschnittliche Stalltemperatur in DG 1 betrug 24,9 °C gegenüber von 19,0 °C in DG 2. Die Ursache für diesen statistischen Zusammenhang wird in der vorliegenden Studie darin gesehen, dass die sehr hohen Umgebungstemperaturen Stress bei den Tieren auslösten, was sich u.a. auch in der erhöhten Federpickrate und den vermehrten Hautverletzungen in DG 1 widerspiegelt. Durch den hitzebedingten Stress kam es wahrscheinlich vermehrt zu leichten Abstürzen. Andererseits liegt es nahe, dass die Junghennen bei hohen Temperaturen weniger aktiv waren und mehr auf den Sitzstangen geruht haben und dies ebenfalls zu der erhöhten Anzahl an Brustbeinveränderungen beigetragen hat.

Während geringgradige Brustbeinveränderungen, insbesondere s-förmige Achsenabweichungen, vor allem auf die Nutzung von Sitzstangen zurückzuführen sind (SCHOLZ, 2008), entstehen mittel- bis hochgradige Veränderungen durch Traumata (FLEMING et al., 2004; SCHOLZ et al., 2008). Dies passt auch zu unseren Ergebnissen: die Junghennen in unserer Studie hatten von Anfang an Sitzstangen zur Verfügung und es wurden zu jedem Untersuchungszeitpunkt geringgradige Brustbeinveränderungen festgestellt, auch als die Tiere noch keinen Zugang zu den verschiedenen Ebenen hatten. In DG 1 wurde bei UZR 2 insgesamt sogar die höchste Anzahl an Veränderungen festgestellt verglichen mit allen anderen UZR. Hochgradige Brustbeinschäden konnten wir hingegen erst in

der Volierenphase ab LW 12 feststellen und wir gehen davon aus, dass es sich hierbei um die Folgen von Abstürzen beim Wechseln der Ebenen handelt. Abgesehen von den insgesamt fünf hochgradigen Brustbeinveränderungen, die während der Volierenphase festgestellt wurden, konnten wir keinen Anstieg von Brustbeinveränderungen nach dem Öffnen der Voliere beobachten. ZEPP (2018) studierte das Verhalten der Junghennen während der Volierenphase im vorliegenden Projekt und stellte von LT 36 bis LT 64 und von LT 92 bis LT 120 eine Zunahme der Ebenenwechsel fest. Selbst in dieser Zeit wiesen die Junghennen bei unseren Untersuchungen in LW 8 und LW 17 keine vermehrten Brustbeinveränderungen auf, was dafür spricht, dass die Tiere keine größeren Schwierigkeiten beim Wechseln der Ebenen hatten. Möglicherweise liegt das daran, dass die Tiere von Anfang an den Umgang mit Sitzstangen und das Manövrieren im dreidimensionalen Raum erlernen konnten (GUNNARSSON et al., 2000).

Es gibt zahlreiche Feststellungen zu den nachteiligen Auswirkungen von Sitzstangen auf den Brustbeinzustand (ABRAHAMSSON und TAUSON, 1993; APPLEBY et al., 1993; ABRAHAMSSON et al., 1996; VITS et al., 2005; STRUELENS et al., 2009; SCHOLZ et al., 2008; KÄPPELI et al., 2011a; WILKINS et al., 2011; STRATMAN et al., 2015). Hierfür gibt es zwei Gründe: einerseits führt eine komplexe Haltungsumgebung zu mehr Brustbeinschäden und je höher die Sitzstangen angebracht sind, desto häufiger und schwerwiegender sind die Verletzungen (WILKINS et al., 2011). Andererseits wirkt beim Sitzen auf der Stange ein sehr hoher punktueller Druck auf das Brustbein ein (VITS, 2005; PICKEL et al., 2011). Weiche Sitzstangen mit einer Ummantelung sind zum Schutz des Brustbeins besser geeignet als bloße Metallstangen, denn sie verteilen

den Druck besser und fangen die Aufprallenergie bei Stürzen ein Stück weit ab (PICKEL et al., 2011; STRATMAN et al., 2015). Hinsichtlich der Form sind eckige gegenüber von runden oder ovalen Sitzstangen zu bevorzugen, denn bei Letzteren lastet punktuell mehr Druck auf dem Brustbein und der Halt auf der Stange ist schlechter (STRUELENS et al., 2009; PICKEL et al., 2011). Laut PICKEL et al. (2011) hat der Durchmesser der Sitzstangen keine zusätzliche Auswirkung, allerdings stellten STAACK et al. (2009) fest, dass die zeitgleiche Bereitstellung von Sitzstangen unterschiedlicher Durchmesser von Vorteil ist, denn so wird das Brustbein nicht immer an derselben Stelle belastet und dies wirkt sich folglich positiv auf den Brustbeinzustand aus. Möglicherweise hätte die Häufigkeit von Brustbeinveränderungen bei den Junghennen in unserer Studie durch die Verwendung von Sitzstangen aus Plastik oder mit Ummantelung oder durch die Bereitstellung von Sitzstangen unterschiedlichen Durchmessers noch weiter reduziert werden können.

2. Fußgesundheit

Die Besatzdichte hatte in der vorliegenden Studie keinen Einfluss auf die Entstehung von Fußballen- oder Zehenballenhyperkeratose. Das Unsicherheitsintervall für den Zusammenhang zwischen Besatzdichte und Fußballenläsionen hingegen liegt fast vollständig im negativen Bereich und zeigt damit einen Zusammenhang zwischen höherer Besatzdichte und weniger Fußballenläsionen, der nahezu signifikant ist. Tatsächlich statistisch signifikant ist der Unterschied zwischen UG 1 und UG 2 was die Anzahl an Fußballenläsionen betrifft (0,3% gegenüber von 2,3%). Dieses Ergebnis ist zunächst überraschend, denn es ist entgegen dem, was andere Studien bezüglich des Effekts von einer höheren Besatzdichte auf die Fußgesundheit feststellen konnten. Einige

Untersuchungen konnten weder einen positiven, noch einen negativen Effekt beobachten (ONBAŞILAR und AKSOY, 2005; STEENFELDT und NIELSEN, 2015; WIDOWSKI et al., 2017). Bei anderen Studien hingegen verbesserte sich die Fußgesundheit der Legehennen, wenn diese mit einer niedrigeren Besatzdichte gehalten wurden (DAVAMI et al., 1987; TAUSON und ABRAHAMSSON, 1994). Ein möglicher Grund dafür ist, dass bei steigender Besatzdichte die Einstreuqualität sinkt (HANSEN und BRAASTADT, 1994) und der Feuchtigkeitsgehalt der Einstreu steigt (DOZIER et al., 2006). Feuchte Einstreu wiederum führt zu einer höheren Rate an Fußballenläsionen bei Legehennen (WANG et al., 1998). Zudem resultiert eine Stalltemperatur von über 20 °C in Kombination mit feuchter Einstreu zu einem weiteren Anstieg von Fußballenläsionen (WANG et al., 1998). Eine durchschnittliche Stalltemperatur von 24,9 °C und die höhere Luftfeuchtigkeit in DG 1 verglichen mit DG 2, könnten die Ursache dafür sein, dass 96% aller in unserer Studie festgestellten Fußballenläsionen in DG 1 beobachtet wurden. Allerdings wurde in DG 1 die überwiegende Mehrzahl an Fußballenläsionen während UZR 1 und UZR 2 festgestellt. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Junghennen noch keinen Zugang zum Einstreubereich. Es ist daher wahrscheinlicher, dass die Schimmelbildung auf dem Kükenpapier in den ersten Lebenswochen für die hohe Anzahl an Fußballenläsionen verantwortlich war. In DG 1 verblieb das Kükenpapier zum Teil bis LT 29, während es in DG 2 an LT 15 vollständig entfernt wurde, um eben die Entstehung von Schimmel zu verhindern. Abteil 1 wies von allen Untersuchungsabteilen die meisten betroffenen Tiere auf und ist hauptsächlich für die hohe Rate an Fußballenläsionen in UG 2 verantwortlich. Möglicherweise war hier die Schimmelbildung auf dem Kükenpapier besonders ausgeprägt. Schimmel

als Ursache für die Fußballenläsionen in unserer Studie, würde auch erklären, warum die Anzahl an betroffenen Tieren signifikant sank mit steigendem Alter, denn das Kükenpapier wurde in DG 1 spätestens nach vier Wochen aus allen Abteilen entfernt und anschließend wurden immer weniger Fälle registriert, zuletzt bei UZR 5 gar keine mehr. Bei Legehennen kommt es in der Regel zu einer Verschlechterung der Fußballengesundheit mit steigendem Alter (SEWERIN, 2002; LEE, 2012).

Der Effekt von Sitzstangen auf die Fußgesundheit ist nicht so eindeutig wie deren nachteiliger Effekt auf den Brustbeinzustand. Dies liegt vermutlich daran, dass der punktuelle Druck auf einem einzelnen Fußballen nur ein Fünftel des Drucks beträgt, der beim Sitzen auf der Stange auf das Brustbein einwirkt (PICKEL et al., 2011). In einigen Untersuchungen bei Junghennen und adulten Legehennen konnte kein Zusammenhang zwischen der Nutzung von Sitzstangen und Schäden an den Füßen nachgewiesen werden (TAUSON, 1984; ENNEKING et al., 2012; HESTER et al., 2013). Andere Studien kommen zu dem Ergebnis, dass sich Sitzstangen negativ auf die Fußgesundheit auswirken (TAUSON und ABRAHAMSSON, 1994; WEITZENBÜRGER et al., 2006b), wohingegen APPLEBY et al. (1992) sogar einen positiven Einfluss beobachten konnten. Die Autoren nehmen allerdings an, dass dieser positive Effekt dadurch zustande kam, dass die Legehennen, die die Sitzstangen nutzen konnten, weniger Zeit auf dem Gitterboden verbrachten und daher weniger Schäden an den Fußsohlen entwickelten (APPLEBY et al., 1992). Wenn wir davon ausgehen, dass die gehäufte Anzahl an Fußballenläsionen in DG 1 infolge der Schimmelbildung auf dem Kükenpapier entstanden ist, und wir daher nur die Fußgesundheit in DG 2 als Maßstab in Betracht ziehen, vermuten wir, dass die Nutzung der Sitzstangen in

unserer Studie kaum eine negative Auswirkung auf die Fußgesundheit hatte. Abgesehen davon, wirken sich Unterschiede in der Beschaffenheit der Sitzstangen unterschiedlich aus (APPLEBY et al., 1992; DUNCAN et al., 1992; TAUSON und ABRAHAMSSON, 1994, 1996; PICKEL et al., 2011). Bei eckigen Stangen ist der punktuelle Druck auf die Fußballen geringer (PICKEL et al., 2011) und es kommt zu weniger Fußschäden (DUNCAN et al., 1992). Sitzstangen aus Hartholz sind besser für die Fußgesundheit als solche aus Plastik (TAUSON und ABRAHAMSSON, 1996). Die Tiere selbst scheinen Sitzstangen mit einer rauen Oberfläche zu bevorzugen auf denen sie einen guten Halt haben (APPLEBY et al., 1992). Zudem ist es von Vorteil für die Fußgesundheit, wenn die Sitzstangen trocken sind (WANG et al., 1998).

3. Schlussfolgerung

Die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial in Form von Pickblöcken, Picksteinen und Luzerneballen hatte keine signifikante Auswirkung auf das Vorkommen von Brustbeinschäden. Offensichtlich kam es zu keinen nennenswerten Verletzungen am Brustbein infolge von Landungen oder einem absturzbedingten Aufprall auf den Beschäftigungsmaterialien. Auch die Besatzdichte hatte in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Brustbeingesundheit der Junghennen. Möglicherweise waren die untersuchten Besatzdichten generell zu hoch um signifikante Unterschiede feststellen zu können. Es sind daher weitere Studien nötig um herauszufinden, ob eine Besatzdichte von unter 10 Tieren pro m² möglicherweise vielfältige positive Auswirkungen auf die Gesundheit von Junghennen hat. Insgesamt war die Anzahl

an festgestellten Brustbeinveränderungen in unserer Studie mit 5,1% an betroffenen Tieren recht gering verglichen mit anderen Untersuchungen.

Steigende Umgebungstemperaturen im Stall führten zu einer signifikanten Zunahme an Brustbeinveränderungen. Wahrscheinlich kam es aufgrund von hitzebedingtem Stress vermehrt zu Abstürzen, aber auch zu längerem Ruhen auf den Sitzstangen infolge von allgemein reduzierter Aktivität bei Hitze. Diese Problematik veranschaulicht, wie wichtig ein geeignetes Stallklima für das Wohlbefinden und die Gesundheit der Junghennen ist. Extreme Temperaturen im Stall müssen mithilfe einer ausreichenden Lüftung verhindert werden.

Nach dem Öffnen der Voliere in LW 5 und in Zeiten, in denen die Tiere vermehrt Ebenenwechsel durchführten, konnte kein Anstieg an Brustbeinveränderungen festgestellt werden; was dafür spricht, dass die Junghennen das Wechseln der Ebenen nach oben und nach unten von Anfang an gut bewältigen konnten und es hierbei nicht vermehrt zu Abstürzen und Verletzungen kam. Wir gehen allerdings schon davon aus, dass die wenigen Fälle von hochgradigen Brustbeinschäden, die erst ab LW 12 beobachtet werden konnten, die Folge von Abstürzen beim Wechseln der Ebenen waren. Vermutlich hat der Zugang zu Sitzstangen ab LT 1 dazu geführt, dass die Junghennen früh den Umgang mit erhöhten Plätzen und die Koordination im dreidimensionalen Raum erlernen konnten. Die geringgradigen Brustbeinveränderungen, die wir feststellen konnten, sind vermutlich das Resultat von leichten Abstürzen und dem intensiven Hocken auf Sitzstangen. Hier ließe sich der Prozentsatz an betroffenen Tieren wahrscheinlich noch weiter reduzieren, wenn eckige Sitzstangen oder solche mit einer weichen Ummantelung angeboten werden und zusätzlich Sitzstangen unterschiedlicher Durchmesser zeitgleich zur

Verfügung gestellt werden, damit der punktuelle Druck nicht stets auf derselben Stelle einwirkt.

Auch auf die Fußgesundheit hatten die von uns untersuchten Besatzdichten keinen statistisch signifikanten Einfluss. Es gab allerdings einen signifikanten Gruppenunterschied zwischen UG 1 und UG 2 bezüglich der Anzahl an Fußballenläsionen: UG 2 wies signifikant mehr Fußballenläsionen auf (+2%) als UG 1. Da fast alle Fälle in DG 1 festgestellt wurden und die überwiegende Mehrheit davon während UZR 1 und UZR 2 (bevor die Junghennen Zugang zum Einstreubereich hatten), ist es sehr wahrscheinlich, dass die Fußballenläsionen infolge von Schimmelbildung auf dem verwendeten Kükenpapier entstanden sind. Im Abteil 1 aus UG 2 war dieses Problem offensichtlich besonders ausgeprägt. Es ist daher wichtig, dass die Haltung von Junghennen kontinuierlich und aufmerksam überwacht wird, damit Probleme, wie in unserem Fall die Schimmelbildung, frühzeitig erkannt werden und geeignete Managementmaßnahmen ergriffen werden können. Die Häufigkeit der beobachteten Fußballenläsionen nahm mit steigendem Alter signifikant ab. Wir vermuten, dass die Nutzung der Sitzstangen sich kaum negativ auf die Fußgesundheit in unserer Studie ausgewirkt hat, da insgesamt nur wenige Schäden an den Füßen festgestellt wurden.

Die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial hatte einen signifikant positiven Einfluss auf den Gefiederzustand in der 17. LW. Die unterschiedlichen Besatzdichten hingegen hatten zu keiner Zeit und auf keine Zielgröße einen signifikanten Effekt. Erhöhte Temperaturen im Stall wirkten sich nachteilig auf den Gefiederzustand und die Anzahl an festgestellten Hautverletzungen aus. Und

auch das zunehmende Alter der Junghennen konnte mit einer Abnahme der Gefiederqualität und einer Zunahme an Hautverletzungen assoziiert werden. Dies legt nahe, dass neben einer adäquaten Stalllüftung, die aufmerksame Überwachung der Tiere während der Aufzucht erforderlich ist, um in Zeiten, in denen vermehrt Federpicken und kannibalistisches Picken auftauchen, mit geeigneten Managementmaßnahmen schnell eingreifen und gegensteuern zu können. Außerdem ist es notwendig den Gefiederzustand mit einem geeigneten Boniturschema zu beurteilen, welches in der Lage ist signifikante Unterschiede im Federpickverhalten von unterschiedlichen Untersuchungsgruppen genau wiederzugeben.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Der Einfluss von Beschäftigungsmaterial, Besatzdichte und Stallklima auf das Gefieder und die Gesundheit von nicht-schnabelkupierten Junghennen

Ziel dieser Studie war es den Einfluss von Beschäftigungsmaterial, Besatzdichte und stallklimatischer Parameter auf den Gefiederzustand, die Anzahl an Haut- und Kopfverletzungen, das Körpergewicht und das Auftreten von Brustbein- und Fußveränderungen zu untersuchen.

Zu diesem Zweck wurden in zwei aufeinanderfolgenden Aufzuchtdurchgängen insgesamt 4.500 Tiere aus 9.187 (Durchgang (DG) 1) bzw. 9.090 (DG 2) nicht-schnabelkupierten Junghennen der Hybridrasse Lohmann Brown und das vorherrschende Stallklima in einem Praxisbetrieb in Bayern untersucht. Während jeweils fünf Betriebsbesuchen pro Durchgang (in Lebenswoche (LW) 3, 5, 8, 12 bzw. 13 und 17) wurden Daten zur Tiergesundheit und zum Stallklima erhoben. Die Bonitur der Junghennen erfolgte dabei mittels eines modifizierten Scoringsystems nach TAUSON et al. (2006) und GUNNARSON (2000). Bei jedem Betriebsbesuch wurden insgesamt 450 Tiere (150 aus jeder Untersuchungsgruppe) bonitiert und Daten zu Lichtintensität, Ammoniakgehalt, Stalltemperatur, Luftfeuchtigkeit, Staubkonzentration sowie Einstreutiefe und Einstreuqualität gesammelt. Es wurde dabei zwischen drei Untersuchungsgruppen (UG) mit jeweils drei Abteilen unterschieden: UG 1 hatte kein Beschäftigungsmaterial und eine konventionelle Besatzdichte (22 bis 23 Tiere

pro m²); UG 2 war mit Beschäftigungsmaterial ausgestattet und hatte eine niedrigere Besatzdichte (18 Tiere pro m²); UG 3 hatte Beschäftigungsmaterial und eine konventionelle Besatzdichte (22 bis 23 Tiere pro m²). Das Beschäftigungsmaterial bestand aus Pickblöcken, Picksteinen und Luzerneballen.

Weder die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial noch die Reduzierung der Besatzdichte hatte einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Brustbeinveränderungen und die Fußgesundheit. Insgesamt war die Anzahl an Brustbeinveränderungen mit durchschnittlich 5,1% recht gering und auch nach dem Öffnen der Voliere konnte kein Anstieg beobachtet werden, was dafür spricht, dass die Junghennen gut mit dem Wechseln der Ebenen zurechtkamen. Erhöhte Temperaturen im Stall führten zu signifikant mehr Brustbeinveränderungen. Wir gehen davon aus, dass die Tiere aufgrund von hitzebedingtem Stress vermehrt abstürzten und bei Hitze generell inaktiver waren und daher mehr Zeit auf den Sitzstangen verbracht haben. Wahrscheinlich sind die geringgradigen Brustbeinverletzungen in unserer Studie auf die Nutzung und auf leichte Abstürze in Zusammenhang mit Sitzstangen zurückzuführen, während die hochgradigen Veränderungen eine Folge von schweren Abstürzen bei Ebenenwechseln waren. Dies wird in der Literatur ebenfalls so beschrieben.

Insgesamt war die Anzahl an festgestellten Fußveränderungen sehr gering. Einzig in DG 1 und insbesondere in Abteil 1 aus UG 2 kam es vermehrt zu Fußballenläsionen. Dies führte zu einem signifikanten Gruppenunterschied zwischen UG 1 und UG 2. Die Ursache für diese Fälle von Fußballenläsionen ist sehr wahrscheinlich die Bildung von Schimmel auf dem Kükenpapier, mit dem der Gitterboden in der Voliere während der Käfigphase ausgelegt war. Nach dem

Entfernen des Kükenpapiers in DG 1 an Lebenstag 29, nahmen die Fußballenläsionen signifikant und kontinuierlich ab. Die Nutzung der Sitzstangen hatte in unserer Studie vermutlich kaum einen Einfluss auf die Fußgesundheit.

Das Vorhandensein von Beschäftigungsmaterial sorgte in LW 17 für einen signifikant besseren Gefiederzustand in den betreffenden Untersuchungsgruppen. Außerdem konnten wir eine signifikante Abnahme der Gefiederqualität und eine signifikante Zunahme an Hautverletzungen in Zusammenhang mit steigender Stalltemperatur und zunehmendem Alter feststellen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein gutes Stallklima und eine intensive Tierbetreuung wichtige Faktoren für die Gesundheit von Junghennen sind. Auch die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial kann sich positiv auf das Tierwohl, in unserem Fall auf den Gefiederzustand, auswirken. Allerdings bedarf es noch weiterer Forschungsarbeit zum Einfluss des von uns eingesetzten Beschäftigungsmaterials und wie sich z.B. eine weitere Reduzierung der Besatzdichte auswirken würde.

VIII. SUMMARY

The influence of environmental enrichment, stocking density and microclimate on the plumage and health condition of non-beak-trimmed laying hen pullets

The aim of this study was to investigate the influence of environmental enrichment, stocking density and microclimate on the plumage condition, number of skin and head injuries, bodyweight and the occurrence of keel bone and foot damage.

In total, 4,500 animals out of 9,187 (rearing period (RP) 1) and 9,090 (RP 2), respectively, non-beak-trimmed Lohmann Brown hybrid pullets and the prevalent microclimate were assessed during two subsequent rearing periods in a pullet rearing farm in Bavaria, Germany. During five assessment visits in each rearing period (in weeks of life 3, 5, 8, 12 or 13, respectively, and 17), data regarding animal health and microclimate were collected. The assessment of the pullets followed a modified pullet score system according to TAUSON et al. (2006) and GUNNARSON (2000). During each visit, 450 pullets were assessed (150 per experimental group) and information on light intensity, ammonia concentration, housing temperature, humidity, dust concentration, litter depth and quality were recorded. There were three experimental groups (EG) with three units each: EG 1 had no environmental enrichment and a conventional stocking density (22 to 23 pullets per m²), EG 2 was provided with enrichment and had a lower stocking density (18 pullets per m²), whereas EG 3 was also provided with enrichment but

had a conventional stocking density (22 to 23 pullets per m²). The environmental enrichment consisted of pecking blocks, pecking stones and lucerne bales.

Neither the provision of environmental enrichment nor the reduction of stocking density had a significant influence on the number of keel bone deformations or on foot health. In general, the number of keel bone deformations was small with 5.1% affected animals and even after opening the cage levels, there was no increase which indicates that the pullets managed the change between levels very well. Increasing temperature in the housing system caused an increase in keel bone deformations. We assume that the animals crashed more often due to heat induced stress. Furthermore, due to the heat they were less active and therefore spent more time perching. In our study, minor keel bone deformations were probably the result of perching and minor crashes with perches, whereas serious crashes while changing between levels probably led to severe deformations. Information in the literature on that topic is in accordance with this assumption.

In general, the number of documented foot health problems was very small. Only in RP 1 and especially in Unit 1 of EG 2, we observed an increased number of footpad lesions. This resulted in a significant group difference between EG 1 and EG 2. The reason for these cases of footpad lesions was most likely the formation of mold on the chicken paper that covered the wired mesh on the bottom of the aviary during the cage phase. After the removal of the chicken paper in RP 1 on day 29, the number of footpad lesions decreased significantly and continuously. Perching had supposedly no effect on foot health in our study.

The provision of environmental enrichment led to a significant improvement in the plumage condition in week 17 in the respective experimental groups.

Furthermore, we found a significant decrease of the plumage quality and a significant increase in skin injuries in connection with increasing housing temperature and age of the pullets.

The results of this study indicate that an appropriate microclimate in the barn and an intensive supervision of the animals are important factors to ensure the pullets' health. The provision of environmental enrichment can have a positive impact on animal welfare, in our case on feather pecking, as well. However, further research is needed on the influence of enrichment and on the impact of the further reduction of stocking densities with respect to animal welfare.

IX. ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS

ABRAHAMSSON, P., TAUSON, R. (1993): Effect of perches at different positions in conventional cages for laying hens of two different strains. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 43, 4, 228–235.

ABRAHAMSSON, P., TAUSON, R. (1995): Aviary systems and conventional cages for laying hens: Effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 45, 3, 191–203.

ABRAHAMSSON, P., TAUSON, R., APPLEBY, M. C. (1996): Behaviour, health and integument of four hybrids of laying hens in modified and conventional cages. *British Poultry Science*, 37, 3, 521–540.

AERNI, V., EL-LETHEY, H., WECHSLER, B. (2000): Effect of foraging material and food form on feather pecking in laying hens. *British Poultry Science*, 41, 1, 16–21.

ALLEN, J., PERRY, G. C. (1975): Feather pecking and cannibalism in a caged layer flock. *British Poultry Science*, 16, 5, 441–451.

APPLEBY, M. C., McRAE, H. E., DUNCAN, I. J. (1983): Nesting and floor-laying by domestic hens: Effects of individual variation in perching behavior. *Behaviour Analysis Letters*, 3, 6, 345–352.

APPLEBY, M. C., SMITH, S. F., HUGHES, B. O. (1992): Individual perching behaviour of laying hens and its effects in cages. *British Poultry Science*, 33, 2, 227–238.

APPLEBY, M. C., SMITH, S. F., HUGHES, B. O. (1993): Nesting, dust bathing and perching by laying hens in cages: Effects of design on behaviour and welfare. *British Poultry Science*, 34, 5, 835–847.

BATES, D., MÄCHLER, M., BOLKER, B., WALKER, S. (2015): Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67, 1, 1–48.

BESTMAN, M., KOENE, P., WAGENAAR, J.-P. (2009): Influence of farm factors on the occurrence of feather pecking in organic reared hens and their predictability for feather pecking in the laying period. *Applied Animal Behaviour Science*, 121, 2, 120–125.

BILCIK, B., KEELING, L. J. (1999): Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science*, 40, 4, 444–451.

BLOKHUIS, H. J., ARKES, J. G. (1984): Some observations on the development of feather-pecking in poultry. *Applied Animal Behaviour Science*, 12, 1–2, 145–157.

BLOKHUIS, H. J., VAN DER HAAR, J. W. (1989): Effects of floor type during rearing and of beak trimming on ground pecking and feather pecking in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 22, 3–4, 359–369.

BMEL. (2015): Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Tierwohl-Initiative, Verzicht auf Schnabelkürzen bei Legehennen und Puten. Abgerufen am 24.01.2019. <http://www.bmel.de/DE/Tier/Tierwohl/texte/Schnabelkuerzen.html>

BUNDESRAT. (2016): Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. Abgerufen am 29.01.2019. [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0401-0500/403-16\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0401-0500/403-16(B).pdf?__blob=publicationFile&v=5)

BUNDESRAT. (2017): Stellungnahme der Bundesregierung zu dem Beschluss des Bundesrates zum Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. Abgerufen am 29.01.2019

[https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0401-0500/zu403-16\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2016/0401-0500/zu403-16(B).pdf?__blob=publicationFile&v=5)

COLSON, S., ARNOULD, C., MICHEL, V. (2008): Influence of rearing conditions of pullets on space use and performance of hens placed in aviaries at the beginning of the laying period. *Applied Animal Behaviour Science*, 111, 3–4, 286–300.

DAVAMI, A., WINELAND, M. J., JONES, W. T., ILARDI, R. L., PETERSON R. A. (1987): Effects of population size, floor space, and feeder space upon productive performance, external appearance, and plasma corticosterone concentration of laying hens. *Poultry Science*, 66, 2, 251–257.

DE HAAS, E. N., BOLHUIS, J. E., DE JONG, I. C., KEMP, B., JANCZAK, A. M., RODENBURG, T. B. (2014a): Predicting feather damage in laying hens during the layingperiod. Is it the past or is it the present? *Applied Animal Behaviour Science*, 160, 11, 75–85.

DE HAAS, E. N., BOLHUIS, J. E., KEMP, B., GROOTHUIS, T. G. G., RODENBURG, T. B. (2014b): Parents and early life environment affect behavioral development of laying hen chickens. *Plos One*, 9, 3, e90577.

DIKMEN, B. Y., İPEK, A., ŞAHAN, Ü., PETEK, M., SÖZCÜ, A. (2016): Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry Science*, 95, 7, 1564–1572.

DOZIER, W. A., III., THAXTON, J. P., PURSWELL, J. L., OLANREWaju, H. A., BRANTON, S. L., ROUSH, W. B. (2006): Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poultry Science*, 85, 2, 344–351.

DUNCAN, E. T., APPLEBY, M. C., HUGHES, B. O. (1992): Effect of perches in laying cages on welfare and production of hens. *British Poultry Science*, 33, 1, 25–35.

EL-LETHEY, H., AERNI, V., JUNGI, T. W., WECHSLER, B. (2000): Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *British Poultry Science*, 41, 1, 22–28.

ENNEKING, S. A., CHENG, H. W., JEFFERSON-MOORE, K. Y., EINSTEIN, M. E., RUBIN, D. A., HESTER, P. Y. (2012): Early access to perches in caged White Leghorn pullets. *Poultry Science*, 91, 9, 2114–2120.

FLEMING, R. H., McCORMACK, H. A., McTEIR, L., WHITEHEAD, C. C. (2004): Incidence, pathology and prevention of keel bone deformities in the laying hen. *British Poultry Science*, 45, 3, 320–330.

FÖLSCH, D. W. (1981): Das Verhalten von Legehennen in unterschiedlichen Haltungssystemen unter Berücksichtigung der Aufzuchtmethoden. In Fölsch, D. W., Vestergaard, K.: *Das Verhalten von Hühnern*. Tierhaltung, 12, 9–114. Basel. Birkhäuser Verlag, Basel. ISBN 9783034854092.

GENTLE, M. J., HUNTER, L. N. (1991): Physiological and behavioural responses associated with feather removal in *Gallus gallus* var. domesticus. *Research in Veterinary Science*, 50, 1, 95–101.

GENTLE, M. J., HUNTER, L. N., WADDINGTON, D. (1991): The onset of pain related behaviours following partial beak amputation in the chicken. *Neuroscience Letters*, 128, 1, 113–116.

GENTLE, M. J., WADDINGTON, D., HUNTER, L. H., BRYAN JONES, R. (1990): Behavioural evidence for persistent pain following partial beak amputation in chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 27, 1–2, 149–157.

GILANI, A.-M., KNOWLES, T. G., NICOL, C. J. (2013): The effect of rearing environment on feather pecking in young and adult laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 148, 1–2, 54–63.

GUESDON, V., AHMED, A. M. H., MALLET, S., FAURE, J. M., NYS, Y. (2006): Effects of beak trimming and cage design on laying hen performance and egg quality. *British Poultry Science*, 47, 1, 1–12.

GUNNARSSON, S. (1999): Effect of rearing on the prevalence of floor eggs, cloacal cannibalism and feather pecking in commercial flocks of loose housed laying hens. *British Poultry Science*, 40, 1, 12–18.

GUNNARSSON, S. (2000): Laying hens in loose housing systems: Clinical, ethological and epidemiological aspects. Dissertation. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Schweden.

GUNNARSSON, S., YNGVESSON, J., KEELING, L. J., FORKMAN, B. (2000): Rearing without early access to perches impairs the spatial skills of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 67, 3, 217–228.

HABIG, C., DISTL, O. (2013): Evaluation of bone strength, keel bone status, plumage condition and egg quality of two layer lines kept in small group housing systems. *British Poultry Science*, 54, 4, 413–424.

HANSEN, I., BRAASTAD, B. O. (1994): Effect of rearing density on pecking behaviour and plumage condition of laying hens in two types of aviary. *Applied Animal Behaviour Science*, 40, 3–4, 263–272.

HARTCHER, K. M., TRAN, K. T. N., WILKINSON, S. J., HEMSWORTH, P. H., THOMSON, P. C., CRONIN, G. M. (2015): The effects of environmental enrichment and beak-trimming during the rearing period on subsequent feather damage due to feather-pecking in laying hens. *Poultry Science*, 94, 5, 852–859.

HEERKENS, J. L. T., DELEZIE, E., RODENBURG, T. B., KEMPEN, I., ZOONS, J., AMPE, B., TUYTTENS, F. A. M. (2016): Risk factors associated with keel bone and foot pad disorders in laying hens housed in aviary systems. *Poultry Science*, 95, 3, 482–488.

HEIKKILÄ, M., WICHMAN, A., GUNNARSSON, S., VALROS, A. (2006): Development of perching behaviour in chicks reared in enriched environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 99, 1, 145–156.

HELMER, F. L. (2017): Der Einfluss verschiedener Besatzdichten und Enrichmentmaßnahmen auf die Verhaltensentwicklung von Junghennen während der Haltung im Volierenblock. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München.

HERR, L. (2016): Untersuchungen von Legehennen am Schlachthof und ihre Aussagekraft über die Tiergesundheit und das Tierwohl in den Legebetrieben. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München.

HESTER, P. Y., ENNEKING, S. A., JEFFERSON-MOORE, K. Y., EINSTEIN, M. E., CHENG, H. W., RUBIN, D. A. (2013): The effect of perches in cages during pullet rearing and egg laying on hen performance, foot health, and plumage. *Poultry Science*, 92, 2, 310–320.

HOFFMEYER, I. (1969): Feather pecking in pheasants—an ethological approach to the problem. *Danish Review of Game Biology*, 6, 1, 1–36.

HONAKER, J., KING, G., BLACKWELL, M. (2011): Amelia II: A program for missing data. *Journal of Statistical Software*, 45, 7, 1–47.

HOTHORN, T., BRETZ, F., WESTFALL, P. (2008): Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*, 50, 3, 346–363.

HUBER-EICHER, B., AUDIGÉ, L. (1999): Analysis of risk factors for the occurrence of feather pecking in laying hen growers. *British Poultry Science*, 40, 5, 599–604.

HUBER-EICHER, B., WECHSLER, B. (1998): The effect of quality and availability of foraging materials on feather pecking in laying hen chicks. *Animal Behaviour*, 55, 4, 861–873.

HUGHES, B. O., DUNCAN, I. J. H. (1972): The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. *British Poultry Science*, 13, 6, 525–547.

JOHNSEN, P. F., VESTERGAARD, K. S., NØRGAARD-NIELSEN, G. (1998): Influence of early rearing conditions on the development of feather pecking and cannibalism in domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, 60, 1, 25–41.

KÄPPELI, S., GEBHARDT-HENRICH, S. G., FRÖHLICH, E., PFULG, A., SCHÄUBLIN, H., STOFFEL, M. H. (2011a): Effects of housing, perches, genetics, and 25-hydroxycholecalciferol on keel bone deformities in laying hens. *Poultry Science*, 90, 8, 1637–1644.

KÄPPELI, S., GEBHARDT-HENRICH, S. G., FRÖHLICH, E., PFULG, A., STOFFEL, M. H. (2011b): Prevalence of keel bone deformities in Swiss laying hens. *British Poultry Science*, 52, 5, 531–536.

KEELING, L. J. (1994): Feather pecking—who in the group does it, how often and under what circumstances. In: *Proceedings of the 9th European Poultry Conference*, Glasgow, 288–289.

KJÆR, J. B., VESTERGAARD, K. S. (1999): Development of feather pecking in relation to light intensity. *Applied Animal Behaviour Science*, 62, 2–3, 243–254.

KRUIJT, J. P. (1964): Ontogeny of social behaviour in Burmese red junglefowl (*Gallus gallus spadiceus*) Bonnaterrre. *Behaviour. Supplement*, 12, 1–201.

LAVES. (2013): Empfehlungen zur Verhinderung von Federpicken und Kannibalismus zum Verzicht auf Schnabelkürzen bei Jung- und Legehennen.

Hannover. Niedersächsisches Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz.

LEE, H. W. (2012): Vergleichende Untersuchungen der Legelinien Lohmann Selected Leghorn-Classic und Lohmann Brown-Classic hinsichtlich der Nutzung von maximal verfügbaren Ressourcen (1:1) in einem ausgestalteten Käfigsystem. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München.

LEE, H.-Y., CRAIG, J. V. (1991): Beak trimming effects on behavior patterns, fearfulness, feathering, and mortality among three stocks of White Leghorn pullets in cages or floor pens. *Poultry Science*, 70, 2, 211–221.

MARCHANT-FORDE, R. M., FAHEY, A. G., CHENG, H. W. (2008): Comparative effects of infrared and one-third hot-blade trimming on beak topography, behavior, and growth. *Poultry Science*, 87, 8, 1474–1483.

MARTIN, G. (2005): Das Nahrungserwerbsverhalten beim Haushuhn und die davon abgeleiteten Verhaltensstörungen Federpicken und Kannibalismus. In Martin, G., Sambras, H. H., Steiger, A. (Hrsg.): Das Wohlergehen von Legehennen in Europa – Berichte, Analysen und Schlussfolgerungen. Reihe Tierhaltung, 28, 34–61. Kassel. ISBN 3-00-015577-5.

McSHANE, B. B., GAL, D. (2017): Statistical significance and the dichotomization of evidence. *Journal of the American Statistical Association*, 112, 519, 885–895.

MELLER. (2011): Fit für die Zukunft. Aufzuchtvoliere. Meller Anlagenbau GmbH, Melle. 01/2011.

NASR, M. A. F., MURRELL, J., WILKINS, L. J., NICOL, C. J. (2012a): The effect of keel fractures on egg-production parameters, mobility and behaviour in individual laying hens. *Animal Welfare*, 21, 1, 127–135.

NASR, M. A. F., NICOL, C. J., MURRELL, J. C. (2012b): Do laying hens with keel bone fractures experience pain? Plos One, 7, 8, e42420.

NASR, M. A. F., BROWNE, W. F., CAPLEN, G., HOTHERSALL, B., MURRELL, J. C., NICOL, C. J. (2013): Positive affective state induced by opioid analgesia in laying hens with bone fractures. Applied Animal Behaviour Science, 147, 1–2, 127–131.

NICOL, C. J., GREGORY, N. G., KNOWLES, T. G., PARKMAN, I. D., WILKINS, L. J. (1999): Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. Applied Animal Behaviour Science, 65, 2, 137–152.

NMELV. (2015): Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Tierschutzplan Niedersachsen. Abgerufen am 29.01.2019.

http://www.ml.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=28272&article_id=110604&psmand=7

OESTER, H. (2005): Ruheverhalten des Huhnes. In Martin, G., Sambras, H. H., Steiger, A. (Hrsg.): Das Wohlergehen von Legehennen in Europa – Berichte, Analysen und Schlussfolgerungen. Reihe Tierhaltung, 28, 104–109. Kassel. ISBN 3-00-015577-5.

OLSSON, A., KEELING, L. (2000): Night-time roosting in laying hens and the effect of thwarting access to perches. Applied Animal Behaviour Science, 68, 3, 243–256.

ONBAŞILAR, E. E., AKSOY, F. T. (2005): Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. Livestock Production Science, 95, 3, 225–263.

PICKEL, T., SCHRADER, L., SCHOLZ, B. (2011): Pressure load on keel bone and foot pads in perching laying hens in relation to perch design. *Poultry Science*, 90, 4, 715–724.

R CORE TEAM. (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

RIEDSTRA, B., GROOTHUIS, T. G. G. (2002): Early feather pecking as a form of social exploration: The effect of group stability on feather pecking and tonic immobility in domestic chicks. *Applied Animal Behaviour Science*, 77, 2, 127–138.

RODEN, C., WECHSLER, B. (1998): A comparison of the behaviour of domestic chicks reared with or without a hen in enriched pens. *Applied Animal Behaviour Science*, 55, 3, 317–326.

SANOTRA, G. S., VESTERGAARD, K. S., AGGER, J. F., LAWSON, L. G. (1995): The relative preferences for feathers, straw, wood-shavings and sand for dustbathing, pecking and scratching in domestic chicks. *Applied Animal Behaviour Science*, 43, 4, 263–277.

SARICA, M., BOGA, S., YAMAK, U. S. (2008): The effects of space allowance on egg yield, egg quality and plumage condition of laying hens in battery cages. *Czech Journal of Animal Science*, 53, 8, 346–353.

SAVORY, C. J. (1995): Feather pecking and cannibalism. *World's Poultry Science Journal*, 51, 2, 215–219.

SCHOLZ, B., RÖNCHEN, S., HAMANN, H., HEWICKER-TRAUTWEIN, M., DISTL, O. (2008): Keel bone condition in laying hens: A histological evaluation of macroscopically assessed keel bones. *Berliner Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 121, 3–4, 89–94.

SEWERIN, K. (2002): Beurteilung der Tiergerechtigkeit des angereicherten Käfigtyps "Aviplus" unter besonderer Berücksichtigung ethologischer und gesundheitlicher Aspekte bei Lohmann Silver Legehennen. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.

STAACK, M., GRUBER, B., KEPPLER, C., ZALUDIK, K., NIEBUHR, K., KNIERIM, U. (2009): Brustbeindeformationen bei Legehennen aus ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Deutschland und Österreich. In Rahmann, G., Schumacher, U. (Hrsg.): Praxis trifft Forschung. Neues aus der ökologischen Tierhaltung, 47–54. VTI, Braunschweig.

STEENFELDT, S., NIELSEN, B. (2015): Welfare of organic laying hens kept at different indoor stocking densities in a multi-tier aviary system. II: Live weight, health measures and perching. *Animal*, 9, 9, 1518–1528.

STRATMANN, A., FRÖHLICH, E. K. F., HARLANDER-MATAUSCHEK, A., SCHRADER, L., TOSCANO, M. J., WÜRBEL, H., GEBHARDT-HENRICH, S. G. (2015): Soft perches in an aviary system reduce incidence of keel bone damage in laying hens. *Plos One*, 10, 3, e0122568.

STRUELENS, E., TUYTTENS, F. A. M. (2009): Effects of perch design on behaviour and health of laying hens. *Animal Welfare*, 18, 4, 533–538.

SUN, Y., ELLEN, E. D., PARMENTIER, H. K., VAN DER POEL, J. J. (2013): Genetic parameters of natural antibody isotypes and survival analysis in beak-trimmed and non-beak-trimmed crossbred laying hens. *Poultry Science*, 92, 8, 2024–2033.

SUN, Y., ELLEN, E. D., VAN DER POEL, J. J., PARMENTIER, H. K., BIJIMA, P. (2014): Modelling of feather pecking behavior in beak-trimmed and non-beak-trimmed crossbred laying hens: Variance component and trait-based approach. *Poultry Science*, 93, 4, 773–783.

TAHAMTANI, F. M., BRANTSÆTER, M., NORDGREEN, J., SANDBERG, E., HANSEN, T. B., NØDTVEDT, A., RODENBURG, T. B., MOE, R. O., JANCZAK, A. M. (2016): Effects of litter provision during early rearing and environmental enrichment during the production phase on feather pecking and feather damage in laying hens. *Poultry Science*, 95, 12, 2747–2756.

TAUSON, R. (1984): Effects of a perch in conventional cages for laying hens. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 34, 2, 193–209.

TAUSON, R., ABRAHAMSSON, P. (1994): Foot and skeletal disorders in laying hens: Effects of perch design, hybrid, housing system and stocking density. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 44, 2, 110–119.

TAUSON, R., ABRAHAMSSON, P. (1996): Foot and keel bone disorders in laying hens: Effects of artificial perch material and hybrid. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 46, 4, 239–246.

TAUSON, R., KJÆR, J., MARIA, G. A., CEPERO, R., HOLM, K.-E. (2005): Applied scoring of integument and health in laying hens. *Animal Science Papers and Reports*, 23, 1, 153–159.

TierSchG. (2006): Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2586) geändert worden ist. Abgerufen am 28.01.2019. <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>

TierSchNutztV. (2006): Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung, Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 2 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147) geändert worden ist. Abgerufen am 24.01.2019.

<http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html>

VAN LIERE, D. W., AGGREY, S. E., BROUNS, F. M. R., WIEPKEMA, P. R. (1991): Oiling behaviour and the effect of lipids on dustbathing behaviour in laying hens *Gallus gallus domesticus*. *Behavioural Processes*, 24, 1, 71–81.

VAN LIERE, D. W., BOKMA, S. (1987): Short-term feather maintenance as a function of dust-bathing in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 18, 2, 197–204.

VAN LIERE, D. W., KOOIJMAN, J., WIEPKEMA, P. R. (1990): Dustbathing behaviour of laying hens as related to quality of dustbathing material. *Applied Animal Behaviour Science*, 26, 1, 127–141.

VAN ROOIJEN, J. (2005): Dust bathing and other comfort behaviours of domestic hens. In Martin, G., Sambraus, H. H., Steiger, A. (Hrsg.): *Das Wohlergehen von Legehennen in Europa – Berichte, Analysen und Schlussfolgerungen*. Reihe Tierhaltung, 28, 110–123. Kassel. ISBN 3-00-015577-5.

VESTERGAARD, K. (1981): Aspects of the normal behaviour of the fowl. In Fölsch, D. W., Vestergaard, K.: *Das Verhalten von Hühnern*. Tierhaltung, 12, 1–8. Basel. Birkhäuser Verlag, Basel. ISBN 9783034854092.

VESTERGAARD, K. (1982): Dust-bathing in the domestic fowl – diurnal rhythm and dust deprivation. *Applied Animal Ethology*, 8, 5, 487–495.

VESTERGAARD, K. S., BARANYIOVÁ, E. (1996): Pecking and scratching in the development of dust perception in young chicks. *Acta Veterinaria Brno*, 65, 133–142.

VESTERGAARD, K. S., KRUIJT, J. P., HOGAN, J. A. (1993): Feather pecking and chronic fear in groups of red junglefowl: Their relation to dustbathing, rearing environment and social status. *Animal Behaviour*, 45, 6, 1127–1140.

VESTERGAARD, K. S., LISBORG, L. (1993): A model of feather pecking development which relates to dustbathing in the fowl. Behaviour, 126, 3, 291–308.

VITS, A., WEITZENBÜRGER, D., HAMANN, H., DISTL, O. (2005): Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. Poultry Science, 84, 10, 1511–1519.

VITS, A. (2005): Evaluierung von Kleingruppenhaltung und ausgestalteten Käfigen für Legehennen hinsichtlich wirtschaftlicher und gesundheitlicher Parameter mit besonderer Berücksichtigung von Legeleistung, Eiqualität und Knochenfestigkeit. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.

WANG, G., EKSTRAND, C., SVEDBERG, J. (1998): Wet litter and perches as risk factors for the development of foot pad dermatitis in floor-housed hens. British Poultry Science, 39, 2, 191–197.

WASSERSTEIN, R. L., LAZAR, N. A. (2016): The ASA's statement on p-values: Context, process, and purpose. The American Statistician, 70, 2, 129–133.

WEITZENBÜRGER, D., VITS, A., HAMANN, H., HEWICKER-TRAUTWEIN, M., DISTL, O. (2005): Evaluation of foot pad health of laying hens in small group housing systems and furnished cages. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift, 118, 7–8, 270–279.

WEITZENBÜRGER, D., VITS, A., HAMANN, H., DISTL, O. (2006a): Evaluierung von Kleingruppenhaltungssystemen und ausgestalteten Käfigen hinsichtlich bestimmter Verhaltensweisen bei der Legelinie Lohmann Selected Leghorn. Archiv für Geflügelkunde, 70, 6, 250–260.

WEITZENBÜRGER, D., VITS, A., HAMANN, H., HEWICKER-TRAUTWEIN, M., DISTL, O. (2006b): Macroscopic and histopathological alterations of foot

pads of laying hens kept in small group housing systems and furnished cages. British Poultry Science, 47, 5, 533–543.

WELLS, R. G. (1972): The effect of varying stocking density on the development and subsequent laying performance of floor-reared pullets. British Poultry Science, 13, 1, 13–25.

WHITEHEAD, C. C. (2004): Overview of bone biology in the egg-laying hen. Poultry Science, 83, 2, 193–199.

WICKHAM, H. (2009): Ggplot2: Elegant graphics for data analysis. New York. Springer-Verlag. ISBN 978-0387981406.

WIDOWSKI, T. M., CASTON, L. J., HUNNIFORD, M. E., COOLEY, L., TORREY, S. (2017): Effect of space allowance and cage size on laying hens housed in furnished cages, Part I: Performance and well-being. Poultry Science, 96, 11, 3805–3815.

WILKINS, L. J., MCKINSTY, J. L., AVERY, N. C., KNOWLES, T. G., BROWN, S. N., TARLTON, J., NICOL, C. J. (2011): Influence of housing system and design on bone strength and keel bone fractures in laying hens. Veterinary Record, 169, 16, 414.

ZEPP, M. C. (2018): Der Einfluss von Besatzdichte und Beschäftigungsmaterial auf das Verhalten von nicht-schnabelkupierte Junghennen von Lebenstag 36 bis 120. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München.

ZEPP, M., LOUTON, H., ERHARD, M., SCHMIDT, P., HELMER, F., SCHWARZER, A. (2018): The influence of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive pecking behavior in laying hen chicks. Journal of Veterinary Behavior, 24, 3–4, 9–18.

X. ANHANG

Tabelle I: Das ausführliche Boniturschema zur Beurteilung von Brustbein und Füßen. Es erfolgte mithilfe eines modifizierten Junghennen-Bewertungssystems nach GUNNARSSON (2000) und TAUSON et al. (2005).

Kategorie	Veränderung	Score
Brustbein ¹	keine	4
	geringgradig	3
	hochgradig	2
Fußballenläsionen ²	keine	4
	geringgradig	3
	mittelgradig	2
	hochgradig	1
Fußballenhyperkeratose ³	keine/ geringgradig	0
	mittel-/ hochgradig	1
Zehenballenhyperkeratose ⁴	keine/ geringgradig	0
	mittel-/ hochgradig	1

¹Geringgradige Brustbeinveränderung = geringgradige s-Form und/ oder dorsoventrale Stauchung und/ oder leichte Unebenheiten in der Struktur. Hochgradige Veränderung = starke Abweichungen in Form und/ oder Struktur, Knochenzubildungen palpierbar (Hinweis auf Fraktur).

²Geringgradige Fußballenläsionen = oberflächliche Läsion, ≤ 2 mm, keine Schwellung sichtbar. Mittelgradig = > 2 mm; eventuell verdickt, aber Schwellung von dorsal nicht sichtbar. Hochgradig = deutliche Ballenläsion, mit von dorsal sichtbarer Schwellung (akute Entzündung).

³Keine bzw. geringgradige Fußballenhyperkeratose = keine Zottenproliferation, Haut der Sohle glatt. Mittel- bzw. hochgradig = deutliche Proliferation des Epithels, beim Streichen über den Ballen bleibt man an den vergrößerten Zotten „hängen“.

⁴Keine bzw. geringgradige Zehenballenhyperkeratose = keine Zottenproliferation, Haut der Zehen glatt. Mittel- bzw. hochgradig = deutliche Proliferation des Epithels, beim Streichen über die Zehen bleibt man an den vergrößerten Zotten „hängen“.

Tabelle II: Der Arbeitsbogen für die Gefieder- und Verletzungsbonitur. Jede Spalte (1–10) steht für ein bonitiertes Tier. UZR = Untersuchungszeitraum, obB = ohne besonderen Befund, besch. = beschädigte, Fed. = Feder/n, Ø = Durchmesser.

Datum:	Abteil:			UZR:			Beurteiler:			
Tier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gesamteindruck (0/1)										
Gewicht (g)										
Augenlider (0/1)										
Kamm (0/1)										
Kopf (0/1)										
Stresslinien (0/1)										
Gefieder (4-1)	4 = obB; 3 = ≤ 5 besch. Fed.; 2 = > 5 besch. Fed.; 1 = kahl > 1 cm									
Hals dorsal										
Rücken										
Flügeldecke										
Schwungfedern										
Stoß										
Hals ventral										
Brust										
Bauch										
Schenkel										
Verletzungen (0-2)	0 = obB; 1 = Ø ≤ 0,5 cm; 2 = Ø > 0,5 cm									
Hals dorsal										
Rücken										
Flügeldecke										
Schwungfedern										
Stoß										
Hals ventral										
Brust										
Bauch										
Schenkel										
Kloake										
Brustbein (4-2)										
Fußballen										
Hyperkeratose (0/1)										
Läsionen (4-1)										
Zehen										
Hyperkeratose (0/1)										
Läsionen (4-1)										
Milben am Tier (0/1)										
Schnabellänge (cm)										
Kammgröße (cm)										
Krallenlänge (cm)										

Tabelle III: Die Ergebnisse der binären Zielgrößen im Hinblick auf die Gruppenunterschiede. UG = Untersuchungsgruppe.

UG	Brustbeinveränderungen (%)	
	keine	gering- oder hochgradig
1	95,8	4,2
2	94,7	5,3
3	94,3	5,7
Fußballenläsionen (%)		
	keine	geringgradig
1	99,7	0,3
2	97,7	2,3
3	99,1	0,9
Fußballenhyperkeratose (%)		
	keine oder geringgradig	mittel- bis hochgradig
1	99,7	0,3
2	99,5	0,5
3	99,7	0,3
Zehenballenhyperkeratose (%)		
	keine oder geringgradig	mittel- bis hochgradig
1	99,9	0,1
2	99,6	0,4
3	99,9	0,1

Tabelle IV: Die Ergebnisse der binären Zielgrößen aufgeteilt im Hinblick auf die Verfügbarkeit von Beschäftigungsmaterial. BM = Beschäftigungsmaterial.

BM		Brustbeinveränderungen (%)	
		keine	gering- oder hochgradig
nein		95,8	4,2
ja		94,5	5,5
Fußballenläsionen (%)			
		keine	geringgradig
nein		99,7	0,3
ja		98,4	1,6
Fußballenhyperkeratose (%)			
		keine oder geringgradig	mittel- bis hochgradig
nein		99,7	0,3
ja		99,6	0,4
Zehenballenhyperkeratose (%)			
		keine oder geringgradig	mittel- bis hochgradig
nein		99,9	0,1
ja		99,8	0,2

Tabelle V: Die Ergebnisse der binären Zielgrößen aufgeteilt im Hinblick auf die Höhe der Besatzdichte. BD = Besatzdichte, J./m² = Junghennen pro m².

BD (J./m ²)	Brustbeinveränderungen (%)	
	keine	gering- oder hochgradig
<20	94,7	5,3
>20	95,0	5,0
Fußballenläsionen (%)		
	keine	geringgradig
<20	97,7	2,3
>20	99,4	0,6
Fußballenhyperkeratose (%)		
	keine oder geringgradig	mittel- bis hochgradig
<20	99,5	0,5
>20	99,7	0,3
Zehenballenhyperkeratose (%)		
	keine oder geringgradig	mittel- bis hochgradig
<20	99,6	0,4
>20	99,9	0,1

Tabelle VI: Die Verteilung und Häufigkeit von Brustbeinveränderungen getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum. Pro Abteil und Untersuchungszeitraum wurden in jedem Durchgang jeweils 50 Junghennen untersucht. Bei den Gesamtzahlen ist zusätzlich die Anzahl aller untersuchten Tiere in diesem Abteil bzw. zu diesem Zeitpunkt angegeben. DG = Durchgang, UZR = Untersuchungszeitraum, LW = Lebenswoche, * = eine der Veränderungen war hochgradig.

DG 1:	Abteil									
UZR (LW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insgesamt:
1 (3)	1	3	2	0	2	6	2	1	0	17/450
2 (5)	5	5	5	10	1	6	4	4	8	48/450
3 (8)	3	3	1	2	5	3	2	5	4	28/450
4 (12)	*11	5	4	*6	2	6	2	1	2	39/450
5 (17)	4	*3	3	2	2	2	1	0	1	18/450
Insgesamt:	24/250	19/250	15/250	20/250	12/250	23/250	11/250	11/250	15/250	150/2.250
DG 2:										
1 (3)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1/450
2 (5)	1	2	2	2	4	1	1	3	2	18/450
3 (8)	5	4	0	1	2	3	0	1	2	18/450
4 (13)	2	0	3	2	1	1	1	0	1	11/450
5 (17)	4	10	*4	*5	5	2	0	0	0	30/450
Insgesamt:	12/250	17/250	9/250	10/250	12/250	7/250	2/250	4/250	5/250	78/2.250
GESAMT:	36/500	36/500	24/500	30/500	24/500	30/500	13/500	15/500	20/500	228/4.500

Tabelle VII: Die Verteilung und Häufigkeit von Fußballenläsionen getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum. Pro Abteil und Untersuchungszeitraum wurden in jedem Durchgang jeweils 50 Junghennen untersucht. Bei den Gesamtzahlen ist zusätzlich die Anzahl aller untersuchten Tiere in diesem Abteil bzw. zu diesem Zeitpunkt angegeben. DG = Durchgang, UZR = Untersuchungszeitraum, LW = Lebenswoche.

DG 1:	Abteil									
UZR (LW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insgesamt:
1 (3)	8	2	1	1	0	2	3	0	0	17/450
2 (5)	10	2	0	2	1	2	2	1	2	22/450
3 (8)	2	2	0	1	0	1	1	2	0	9/450
4 (12)	1	0	0	1	0	1	0	0	0	3/450
5 (17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
Insgesamt:	21/250	6/250	1/250	5/250	1/250	6/250	6/250	3/250	2/250	51/2.250
DG 2:										
1 (3)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1/450
2 (5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
3 (8)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1/450
4 (13)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
5 (17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
Insgesamt:	2/250	0/250	0/250	0/250	0/250	0/250	0/250	0/250	0/250	2/2.250
GESAMT:	23/500	6/500	1/500	5/250	1/500	6/500	6/500	3/500	2/500	53/4.500

Tabelle VIII: Die Verteilung und Häufigkeit von Fußballhyperkeratose getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum. Pro Abteil und Untersuchungszeitraum wurden in jedem Durchgang jeweils 50 Junghennen untersucht. Bei den Gesamtzahlen ist zusätzlich die Anzahl aller untersuchten Tiere in diesem Abteil bzw. zu diesem Zeitpunkt angegeben. DG = Durchgang, UZR = Untersuchungszeitraum, LW = Lebenswoche.

DG 1:	Abteil									
UZR (LW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insgesamt:
1 (3)	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2/450
2 (5)	1	0	0	0	0	1	0	1	1	4/450
3 (8)	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3/450
4 (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
5 (17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
Insgesamt:	2/250	1/250	0/250	0/250	1/250	2/250	0/250	2/250	1/250	9/2.250
DG 2:										
1 (3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
2 (5)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2/450
3 (8)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2/450
4 (13)	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3/450
5 (17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
Insgesamt:	2/250	2/250	0/250	1/250	1/250	1/250	0/250	0/250	0/250	7/2.250
GESAMT:	4/500	3/500	0/500	1/500	2/500	3/500	0/500	2/500	1/500	16/4.500

Tabelle IX: Die Verteilung und Häufigkeit von Zehenballenhyperkeratose getrennt nach Durchgängen in den einzelnen Abteilen bei jedem Untersuchungszeitraum. Pro Abteil und Untersuchungszeitraum wurden in jedem Durchgang jeweils 50 Junghennen untersucht. Bei den Gesamtzahlen ist zusätzlich die Anzahl aller untersuchten Tiere in diesem Abteil bzw. zu diesem Zeitpunkt angegeben. DG = Durchgang, UZR = Untersuchungszeitraum, LW = Lebenswoche.

DG 1:	Abteil									
UZR (LW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Insgesamt:
1 (3)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2/450
2 (5)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1/450
3 (8)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1/450
4 (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
5 (17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
Insgesamt:	0/250	0/250	0/250	0/250	0/250	1/250	2/250	1/250	0/250	4/2.250
DG 2:										
1 (3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
2 (5)	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3/450
3 (8)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1/450
4 (13)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1/450
5 (17)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/450
Insgesamt:	2/250	0/250	0/250	0/250	0/250	1/250	0/250	1/250	1/250	5/2.250
GESAMT:	2/500	0/500	0/500	0/500	0/500	2/500	2/500	2/500	1/500	9/4.500

XI. DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. Dr. Michael Erhard möchte ich für die Überlassung dieser spannenden Arbeit danken, für das Korrekturlesen der Manuskripte und die wichtigen Anmerkungen hierbei.

Dr. Helen Louton und Dr. Angela Schwarzer danke ich für die Vorbereitung und Planung des praktischen Teils der Arbeit, für ihre Unterstützung bei den Betriebsbesuchen und für ihre ständige Bereitschaft Fragen zu beantworten sowie für die Verbesserung der Manuskripte. Dr. Helen Louton danke ich ganz besonders für ihre engagierte Betreuung, die vielen hilfreichen Anmerkungen und ihre Geduld.

Bei Dr. Miriam Zepp und Dr. Franziska Helmer bedanke ich mich für die tatkräftige Unterstützung bei der Erhebung der Boniturdaten. Ohne Euch wäre ich immer noch am bonitieren. Besonderen Dank an Dr. Miriam Zepp auch für die Beantwortung der vielen Fragen während des Schreibens. Danke auch an alle Praktikanten*innen für ihre Hilfe bei den Datenerhebungsbesuchen.

Dem Leiter des Junghennenaufzuchtbetriebs und seinen Mitarbeitern möchte ich danken, dass wir den Stall für diesen Versuch nutzen konnten und für das Interesse und die Mithilfe an diesem Projekt. Es ist immer eine Herausforderung den normalen Stallbetrieb für einen Versuchsaufbau umzugestalten und umzubauen.

Bei Herrn Dr. Paul Schmidt möchte ich mich bedanken für die professionelle und engagierte Hilfe bei der Auswertung der Datensätze und für die Erstellung der Grafiken.

Ich bedanke mich von ganzem Herzen bei meiner Frau Eva, die mich während des Studiums, der Doktorarbeit und weiterhin immer wieder unterstützt, motiviert und mir beisteht. Ich verdanke Dir alles.

Meiner Familie möchte ich danken, dass sie mir dieses Studium ermöglicht und mich währenddessen immer wieder moralisch unterstützt hat.